



ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

СДВОЕННЫЙ ДВУПОЛЯРНЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ

Ю. Тимлин

Применение операционных усилителей в стабилизаторах напряжения позволяет значительно уменьшить их выходное сопротивление и увеличить коэффициент стабилизации. В журнале «Радио», в выпусках «В помощь радиолюбителю» неоднократно описывались подобные источники. Но они чаще всего позволяют получать стабилизированное напряжение, регулируемое лишь в небольших пределах.

В радиолюбительской практике нередко возникает необходимость иметь один или два универсальных источника питания с широким диапазоном регулировки выходного напряжения. К сожалению, описываемые в печати источники питания обычно не позволяют получать выходное напряжение ниже напряжения стабилизации опорного стабилитрона.

Стабилизатор, упрощенная схема которого приведена на рис. 1, *а*, свободен от этого недостатка. В нем выходное напряжение поддерживается таким, чтобы напряжение, которое снимается с делителя *R1R2* и подается на неинвертирующий вход операционного усилителя (ОУ) *МС1*, было равно напряжению на его инвертирующем входе, т. е. равно нулю. При этом напряжение, снимаемое с выхода ОУ, будет достаточно для поддержания режима работы транзисторов *Т1* и *Т2*, которые обеспечивают необходимое выходное напряжение. Увеличение (уменьшение) выходного напряжения вызывает увеличение (уменьшение) напряжения на неинвертирующем входе ОУ, что приводит к увеличению (уменьшению) тока базы транзистора *Т2* и, в свою очередь, вызывает уменьшение (увеличение) выходного напряжения до тех пор, пока на неинвертирующем входе ОУ оно не будет равно нулю.

Приравняв напряжение на неинвертирующем входе к нулю, получим следующее выражение для напряжения на выходе стабилизатора:

$$U_{\text{вых}} = -U_{\text{оп}} = \frac{R1}{R2},$$

где $U_{\text{оп}}$ — опорное напряжение.

Можно использовать включение регулирующего транзистора *Т1* по схеме, показанной на рис. 1, *б*. Здесь нагрузка $R_{\text{н}}$ включена в коллекторную цепь регулирующего транзистора *Т1*. Напряжение с делителя *R1R2* необходимо подавать на инвертирующий вход микросхемы.

Уменьшение сопротивления нагрузки, подключенной к выходным зажимам стабилизатора, вызывает уменьшение выходного напряжения, а значит и напряжения,

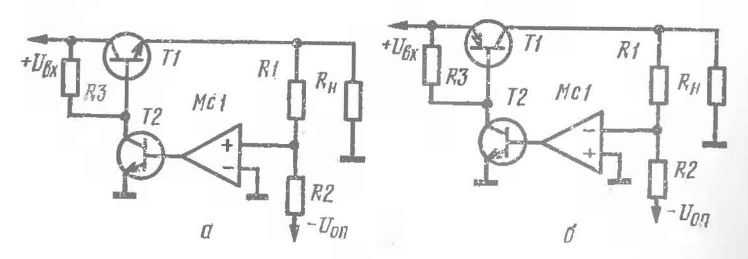


Рис. 1. Упрощенные схемы стабилизации напряжения

подаваемого на вход операционного усилителя. Это изменение напряжения, усиленное в несколько тысяч раз, воздействует на транзистор *Т2*, заставляя его открываться. При этом увеличивается и ток базы, и коллектора транзистора *Т1*, что приводит к увеличению напряжения на нагрузке. Условия для статического состояния напряжения на выходе аналогичны стабилизатору по предыдущей схеме.

Сравнивая стабилизаторы, выполненные по схемам рис. 1, *а* и *б*, можно сделать вывод, что мощность, рассеиваемая на транзисторах *Т1*, у них одинаковая. О транзисторах *Т2* этого сказать нельзя. В первом случае мощность, выделяемая на транзисторе *Т2*, определяется напряжением на коллекторе этого транзистора, равным выходному напряжению стабилизатора, и током коллектора, который в основном проходит через резистор *R3*. Эта мощность рассеивается постоянно и не зависит от тока нагрузки. Во втором стабилизаторе мощность, выделяемая на транзисторе *Т2*, определяется питающим напряжением $U_{\text{вх}}$ и током базы транзистора *Т1*, сила которого пропорциональна силе тока нагрузки.

В стабилизаторе, изображенном на рис. 1, *а*, желательно, чтобы для управления током базы транзистора *Т1* использовался весь ток транзистора *Т2*, поэтому сопротивление резистора *R3* должно быть больше, чем входное сопротивление транзистора *Т1*. В этом случае при небольшом токе нагрузки транзистор *Т1* работает в режиме, близком к режиму с «отключенной базой», и через него постоянно протекает ток, который равен $(h_{21Э} - 1)\ I_{\text{КБО}}$. При этом регулирующий транзистор должен быть кремниевый, так как германиевый из-за значительного обратного тока коллектора $I_{\text{КБО}}$ не позволит получать малые выходные напряжения, особенно при небольшой силе тока нагрузки.

Как уже говорилось, напряжение на выходе стабилизатора определяется сопротивлением резисторов *R1* и *R2* и опорным напряжением $U_{\text{оп}}$. Стабильность устройства в целом также будет определяться стабильностью источника опорного напряжения. Но так как этот источник нагружен на резисторы *R1* и *R2*, сопротивления которых могут быть довольно большими, то требования к нагрузочной способности весьма низкие (например, параметрический стабилизатор).

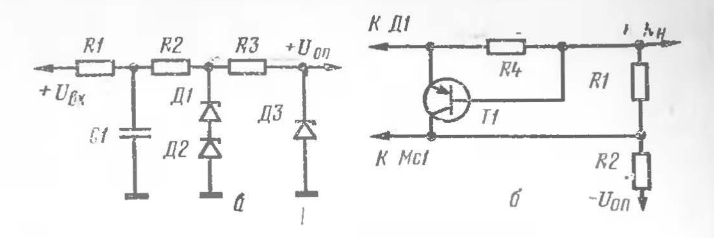


Рис. 2. Принципиальная схема двухступенчатого параметрического стабилизатора (*а*) и схема защиты стабилизированного источника питания (*б*)

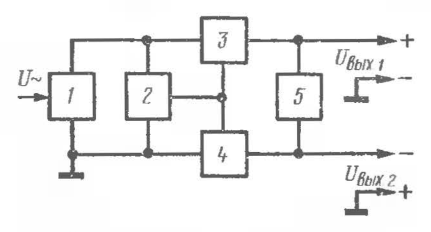


Рис. 3. Структурная схема сдвоенного двуполярного источника питания

Если коэффициент стабилизации источника питания лежит в пределах от 10 до 100, то в источнике опорного напряжения достаточно одного стабилитрона. Для более высокой стабильности можно применить двухступенчатый параметрический стабилизатор напряжения (рис. 2, *а*). Первая его ступень выполнена на стабилитронах *Д1* и *Д2*, вторая на стабилитроне *Д3*. Этот же источник можно использовать и для питания микросхем, если его опорное напряжение будет соответствовать питающему напряжению этих микросхем.

Защиту стабилизированного источника питания от перегрузок и ограничение его выходного тока можно сделать по схеме, приведенной на рис. 2, *б*. С увеличением силы тока, потребляемого нагрузкой, увеличивается падение напряжения на резисторе *R4*. Когда это напряжение превысит некоторый порог, транзистор *T1* откроется и будет шунтировать резистор *R1*, что приведет к уменьшению выходного напряжения. При уменьшении тока нагрузки транзистор *T1* закроется.

Предлагаемый сдвоенный двуполярный блок питания, в котором используются операционные усилители, представляет собой два независимых источника питания. Каждый из них позволяет получить стабилизированное напряжение, регулируемое от 0 до 35 В, а при последовательном соединении — от 0 до 70 В. Ограничитель выходного тока — пятипредельный: 10, 50, 100 мА, 0,5 и 1 А. При токе нагрузки 0,5 А коэффициент стабилизации устройства равен 10 000. Температурный дрейф выходного напряжения не превышает 0,1% в диапазоне температур от —10 до +30° С. Пульсации выходного напряжения при токе нагрузки 0,5 А не более 1 мВ. Выходное сопротивление не более 0,02 Ом.

Структурная схема сдвоенного двуполярного источника питания приведена на рис. 3. Он состоит из общего выпрямителя *1*, источника опорного напряжения *2*, двух стабилизаторов напряжения *3* и *4* с ограничителями выходного тока и вольтметра *5*, позволяющего измерять выходное напряжение как в каждом канале, так и суммарное напряжение двух каналов.

Принципиальная схема блока питания показана на рис. 4. О принципе работы его отдельных узлов рассказано выше. Резисторы *R8, R24* необходимы для предохранения входных каскадов микросхем *МС1* и *МС2* от пробоя высоким напряжением в аварийных ситуациях. Резистор *R9* подгружает стабилизатор в режиме холостого хода при малых нагрузках, чем и гарантирует устойчивость работы стабилизатора.

Роль вольтметра *ИП1* выполняет миллиамперметр на ток 1 мА с добавочными резисторами *R35* и *R36*. Переключатель *В5* позволяет измерить напряжение либо обоих каналов сразу (при этом вся шкала соответствует напряжению 80 В), либо каждого канала отдельно (шкала прибора соответствует 40 В). Во втором случае выбор измеряемого канала осуществляется переключателем *В3*. Переключателем *В4* изменяют чувствительность прибора в 4 раза.

Конструкция и детали двуполярного блока питания показаны на рис. 5—7. Роль задней стенки выполняет радиатор *6* с площадью поверхности около 1500 см², на котором через тонкие слюдяные прокладки укреплены транзисторы *T1* и *T5*. На внутренней стороне радиатора находится трансформатор питания *Тр1*, помещенный в металлический экран *7*. При помощи четырех стяжек *5* радиатор связан с лицевой панелью *1*, на которой расположены все переключатели, измерительный прибор, индикаторная лампочка *Л1*, выходные гнезда-зажимы и переменные резисторы *R17, R34*. Резисторы *R18, R19, R35* смонтированы на переключателях *В3, В4* и *В5*,

Рис. 4. **Принципиальная схема блока питания**

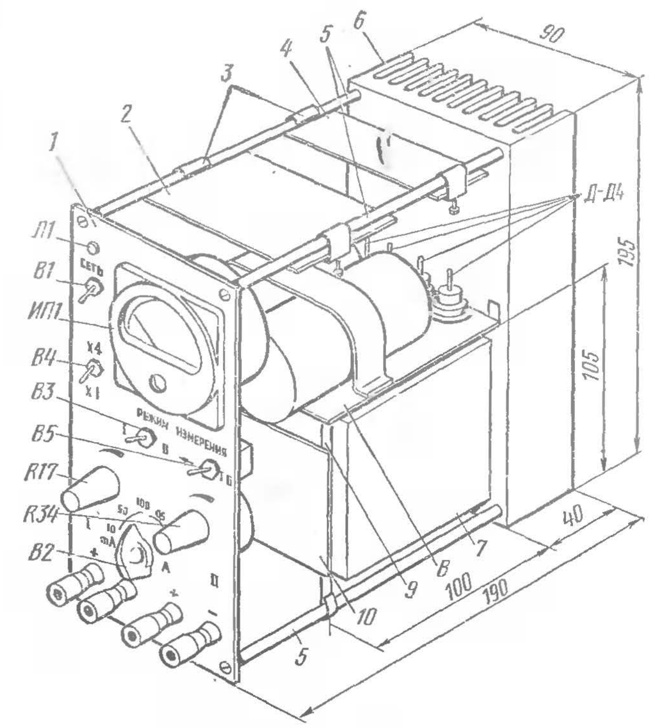


Рис. 5. Конструкция блока питания

а *R11 — R14* и *R8 — R32* — на переключателе *В2*. К верхним стяжкам зажимами *3* прижата плата *2* размерами 90 × 55 мм с деталями источника опорного напряжения (показано на рис. 6) и плата *4* размером 90 × 30 мм, на которой расположены транзисторы *Т2, Т6*, резисторы *R16, R26* и закреплены проводники выводов транзисторов *Т1* и *Т5*. На уголковой стойке *9*, прикрепленной к задней стенке и нижней стяжке *5*, расположены плата *10* (рис. 7) размерами 90 × 55 мм, на которой смонтированы операционные усилители и ограничители тока, а также плата *8* с конденсаторами *С1, С6* и диодами *Д1 — Д4* выпрямителя.

Резисторы *R11 — R14* и *R29 — R32* БЛП-0,1 (или самодельные проволочные), остальные — МЛТ. Электролитические конденсаторы К50-6, остальные — КМ5 или

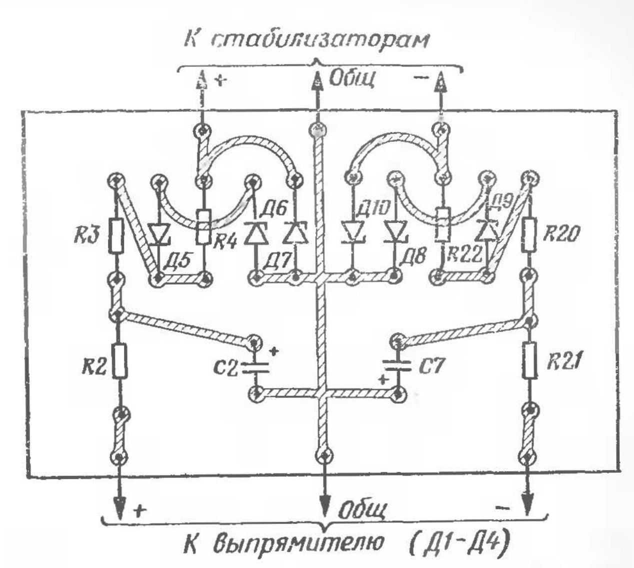


Рис. 6. Плата элементов источника опорного напряжения

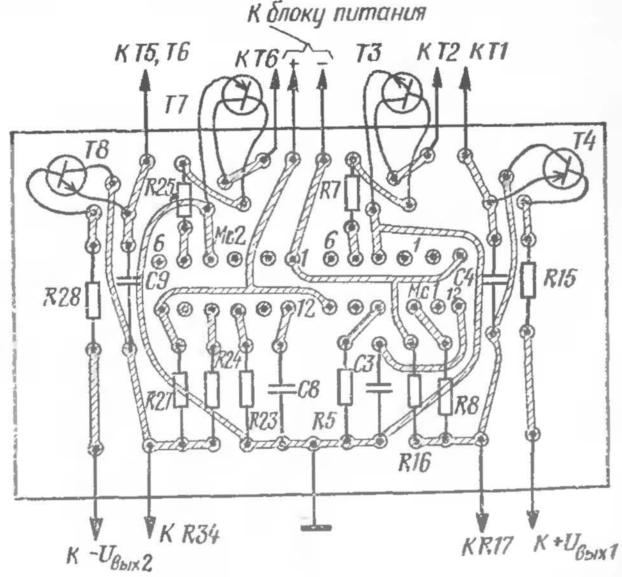


Рис. 7. Плата элементов обратной связи и ограничения тока

КМ6. Измерительный прибор ИП1 на ток полного отклонения стрелки 1 мА. При использовании другого прибора необходимо подобрать резисторы *R18, R19, R35* и *R36*. Трансформатор питания типа ТА125-127/220-50. Его можно заменить самодельным с такими данными: площадь поперечного сечения магнитопровода не менее 6 см^2; обмотка *I* — 1200 витков провода ПЭВ-1 0,27, обмотка *II* — две секции по 170 витков провода ПЭВ-1 0,8, обмотка *III* — 37 витков провода ПЭВ-1 0,1.

При безошибочной сборке и исправности деталей источник питания не требует настройки. Если, однако, появится паразитная высокочастотная генерация, устранить ее можно включением между пятым и девятым выводами (между выходом и инвертирующим входом) операционных усилителей конденсаторов емкостью 3000—10 000 пФ.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО

Е. Сосновский, А. Черников

Описываемое устройство предназначено для зарядки аккумуляторных батарей всех типов, применяемых для электрооборудования легковых автомобилей и мотоциклов.

Зарядное устройство позволяет плавно регулировать силу зарядного тока зарядки от 0 до 6 А, выходного напряжения от 0 до 15 В и автоматически отключаться от сети при зарядке батареи на 90% от номинальной емкости. Имеет систему защиты от перегрузок, срабатывающую при токе силой 7—10 А. Контроль за силой зарядного тока и выходным напряжением производится по ампервольтметру.

Питание зарядного устройства осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В; потребляемая мощность не более 60 Вт; масса устройства не более 6 кг.

Принципиальная схема зарядного устройства приведена на рис. 1. Работает оно следующим образом. Постоянное напряжение с выхода двухполупериодного выпрямителя на диодах *Д5 — Д8*, включенных по мостовой

схеме, через составной транзистор *Т1Т2*, являющийся регулирующим элементом устройства, подается к заряжаемой аккумуляторной батарее. Сопротивление составного транзистора изменяют напряжением смещения, подаваемым на базу транзистора *Т1* с движка переменного резистора *R3*. Резистор *R4* позволяет измерять напряжение на выходе зарядного устройства при отключенной нагрузке.

В системе защиты от перегрузок работают транзистор *Т3* и электромагнитное реле *Р1*. При кратковременном включении питания кнопочным переключателем *В1* замыкаются контакты *В1.2*, заряжается конденсатор *С1*, срабатывает реле *Р1*, и его контакты *Р1.1* замыкаются. При этом срабатывает реле *Р3* и его контакты *Р3.1* блокируют контакты *В1.1* выключателя питания. Режим транзистора *Т3* подбирают резистором *R8* таким, чтобы ток коллекторной цепи был достаточным для удержания реле *Р1* в сработавшем состоянии (0,2—0,25 от тока срабатывания).

При увеличении силы тока нагрузки выше допустимого напряжение на выходе устройства уменьшается,

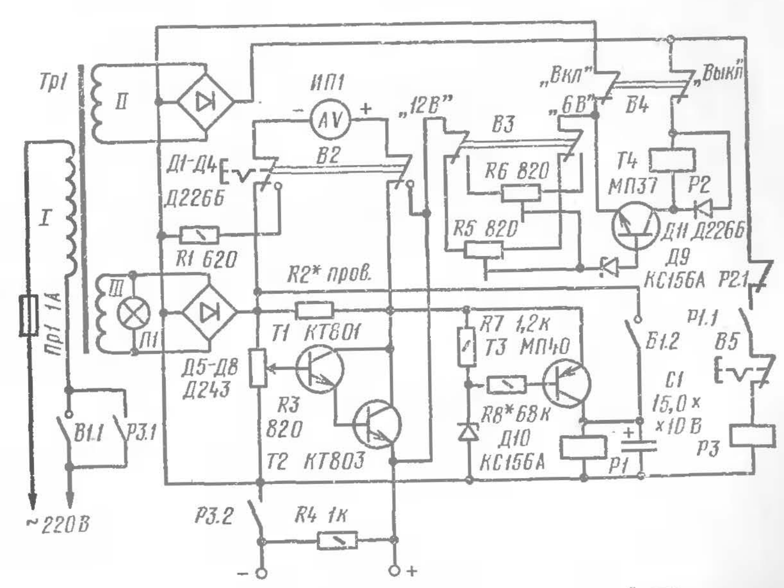


Рис. 1. Принципиальная схема зарядного устройства

и на стабилитроне *Д10*, режим которого определяет резистор *R7*, оно становится меньше напряжения стабилизации. Стабилитрон при этом закрывается, отчего токи базы и коллектора транзистора *Т3* резко уменьшаются, реле *Р1* отпускает, и его контакты *Р1.1*, размыкаясь, обесточивают обмотку исполнительного реле *Р3*. При этом контакты *Р3.1* реле *Р3* также размыкаются и отключают зарядное устройство от сети.

В системе автоматического контроля подзаряда аккумуляторной батареи работают транзистор *Т4*, электромагнитное реле *Р2* и стабилитрон *Д9*. С течением времени ток заряда уменьшается, а напряжение на зажимах батареи увеличивается. Когда оно достигнет порога пробоя стабилитрона *Д9*, транзистор *Т4* полностью открывается, реле срабатывает и своими контактами *Р2.1* разрывает цепь питания исполнительного реле *Р3*, которое контактами *Р3.1* отключает зарядное устройство от сети.

Питание системы автоматического контроля осуществляется от выпрямителя на диодах *Д1* — *Д4* через переключатель *В4*. Диод *Д11* служит для ограничения напряжения на обмотке реле *Р2* при отпускании. Резисторами *R5* и *R6* устанавливают режим срабатывания системы в зависимости от положения переключателя *В3* на «*12 В*» или «*6 В*», т. е. от рабочего напряжения заряжаемой аккумуляторной батареи.

Кнопочный переключатель *В2* служит для переключения ампервольтметра *ИП1* на измерение напряжения или тока заряда. Измерительным прибором служит амперметр типа М4200 (на 10 А), доработанный для измерения напряжения. Выводы рамки отпаяны от шунта (*R2*) и припаяны к контактам переключателя *В2*. Отрезки монтажного провода пропущены через отверстия в корпусе прибора. Шунт остается на том же месте в корпусе, но включен согласно схеме. Резистор *R1* определяет предел измерения напряжения от 0 до 20 В. Под шкалой для измерения тока с такой же градацией нанесена шкала для измерения напряжения: 1 А — 3 В; 3 А — 6 В; 5 А — 10 В; 7 А — 14 В; 8 А — 18 В.

Кнопочный переключатель *В5* служит для выключения зарядного устройства.

Внешний вид зарядного устройства показан на рис. 2, а его конструкция на рис. 3. Оно смонтировано в металлическом корпусе размерами 145 × 115 × 275 мм с

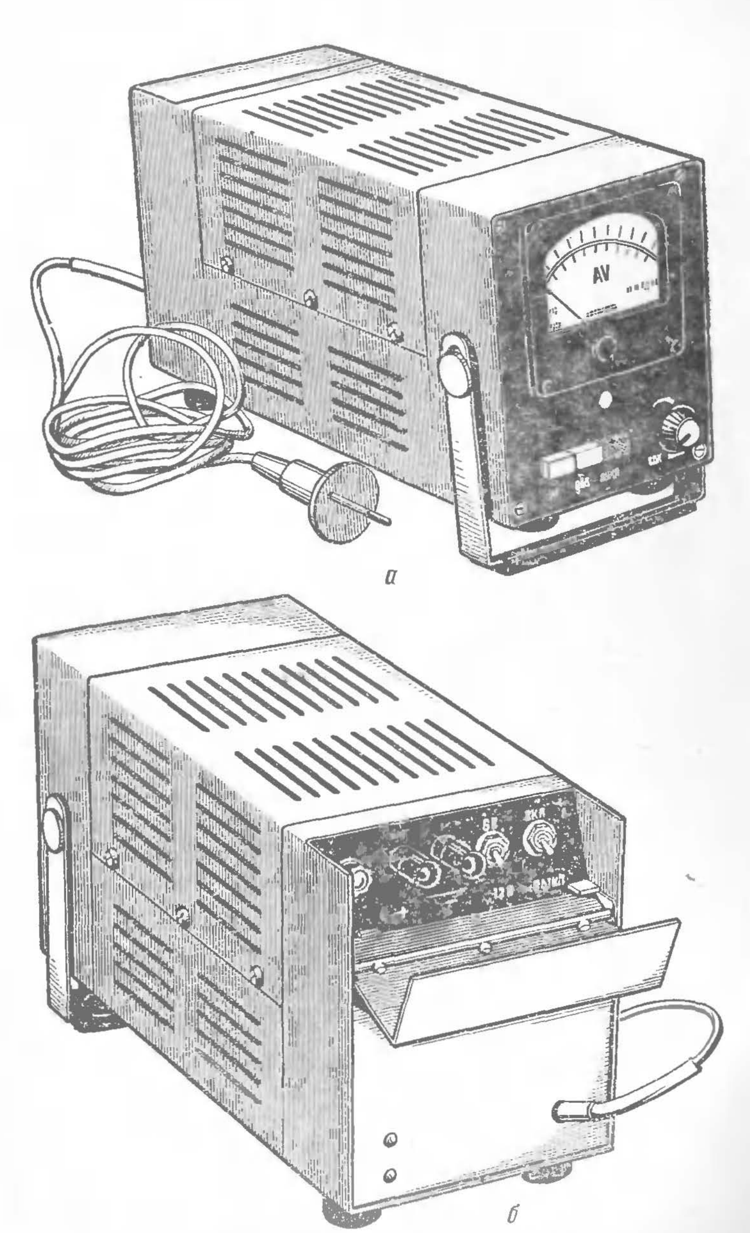


Рис. 2. Внешний вид зарядного устройства:
а — вид спереди; *б* — вид сзади

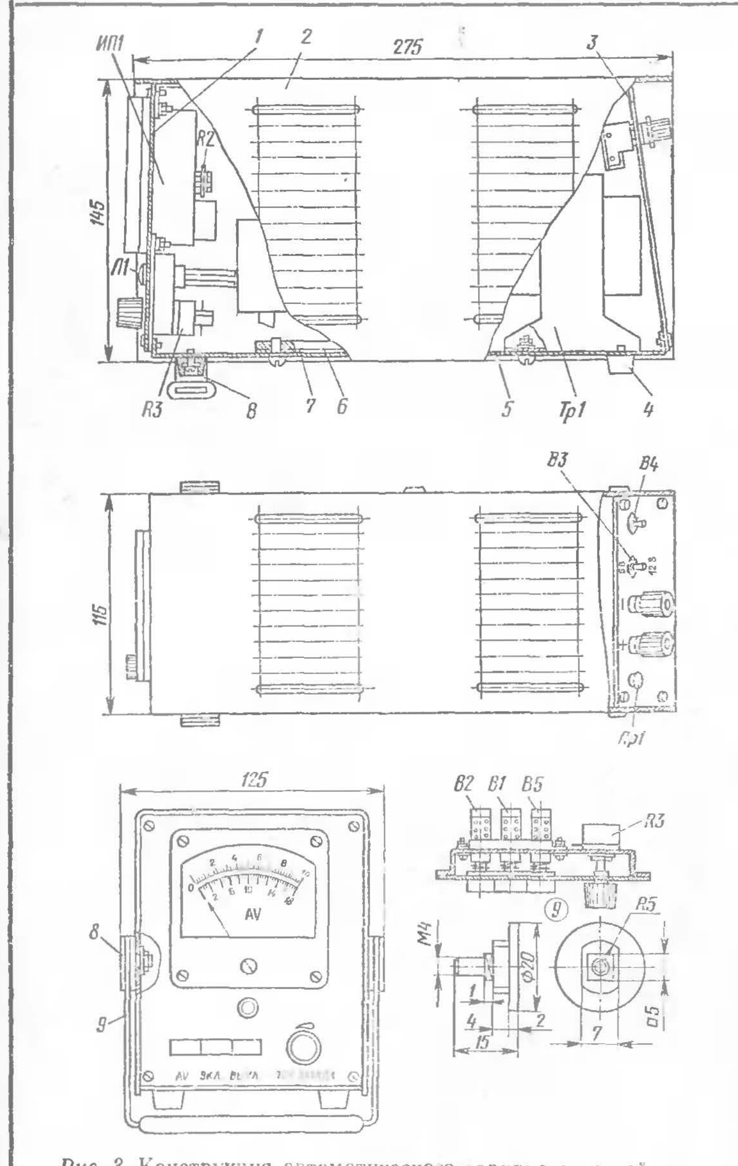


Рис. 3. Конструкция автоматического зарядного устройства:
1 — лицевая панель; *2* — боковая стенка корпуса; *3* — задняя панель; *4* — амортизатор; *5* — шасси; *6* — пластина крепления узлов устройства; *7* — изоляционная прокладка; *9* — ручка; *8* — винт крепления ручки

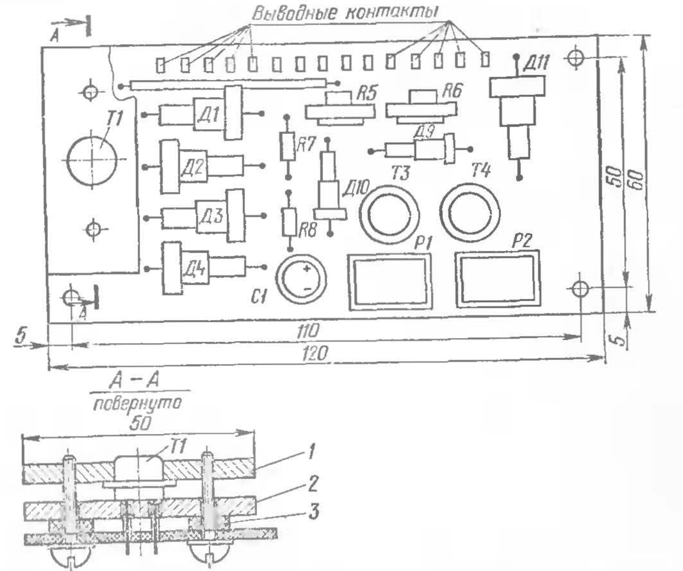


Рис. 4. Схема размещения деталей на печатной плате и конструкция радиатора транзистора *Т1*

вентиляционными отверстиями в боковых и верхней стенках. На передней лицевой панели находятся ампервольтметр (*AV*), кнопочные переключатели режима измерения «*AV*» (*В2*), включения и выключения питания (*В1*, *В5*), регулятор тока заряда (*R3*) и индикатор подключения устройства к сети (*Л1*). На задней панели находятся зажимы-гнезда для подключения аккумуляторной батареи, переключатели *В3*, *В4*, плавкий предохранитель.

Переключатели *В1*, *В2* и *В5* типа П2К, *В3* — МТ-3. Электромагнитные реле: *Р1* и *Р2* — РЭС-10 (паспорт РСО.452.049ТУ), *Р3* — РЭН-29 (паспорт РФО.450.016ТУ). Переменный резистор *R3* типа СП-1, подстроечные *R5* и *R6* — СП3-1б, постоянные — МЛТ-0,25. Индикаторная лампа *Л1* — КМ-24-90.

Трансформатор питания *Тр1* выполнен на магнитопроводе ШЛ20 × 32 (можно Ш20 × 32). Обмотка *I* содержит 1320 витков провода ПЭВ-1 0,35, обмотка *II* — 150 витков провода ПЭВ-1 1,5, обмотка III — 115 витков провода ПЭВ-1 0,35.

Бо́льшая часть радиодеталей смонтирована на печатной плате размерами 120 × 60 мм (рис. 4), выполненной из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Роль радиатора транзистора *Т1* выполняют две металлические пластины *1* и *2* размерами 50 × 20 × × 4 мм. Между платой и нижней пластиной на стягивающие винты надеты текстолитовые шайбы *3*.

Монтажная плата, транзистор *Т2*, установленный на ребристом радиаторе, реле *Р3* и диоды *Д5* — *Д8* мощно-

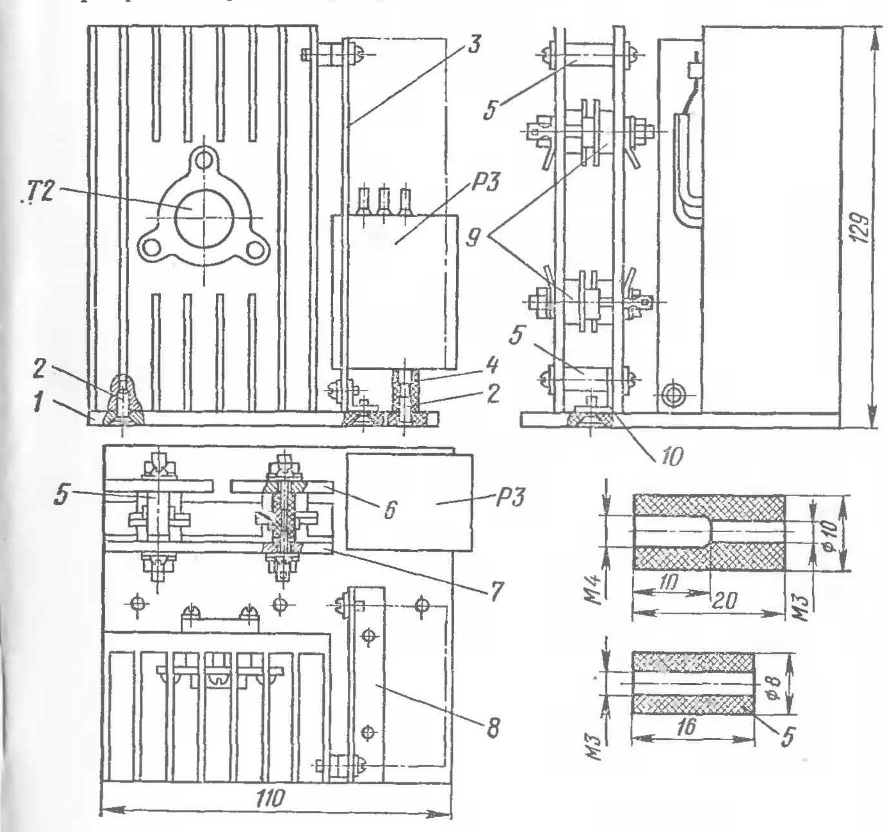


Рис. 5. Монтаж узлов зарядного устройства:

1 — гетинаксовая пластина; *2* — винты М3; *3* — монтажная плата; *4* — втулка из изоляционного материала для крепления реле *Р3*; *5* — втулка из изоляционного материала для крепления диодов выпрямителя; *6* — радиатор диодов *Д5* и *Д8*; *7* — радиатор диодов *Д6* и *Д7*; *8* — угольник крепления печатной платы; *9* — диоды мощного выпрямителя; *10* — угольник крепления диодов выпрямителя

го выпрямителя размещены на гетинаксовой пластине (рис. 5) размерами 110 × 100 мм, которую крепят на шасси зарядного устройства (на рис. 3 — поз. *5*). Диоды *Д5* и *Д8* этого выпрямителя установлены на теплоотводящей пластине размерами 125 × 35 мм, а *Д6* и *Д7* — на пластинах размерами 125 × 72 мм.

Правильно собранное зарядное устройство сразу же начинает работать. Надо только произвести некоторую регулировку, которую начинают с системы защиты от перегрузок. Для этого переключатель *В4* устанавливают в положение *«Выкл.»*, а на выход к гнездам-зажимам подключают реостат сопротивлением 10—20 Ом, рассчитанный на ток 7—10 А. Переменный резистор *R3* устанавливают в положение, соответствующее максимальному току заряда. Затем реостатом плавно увеличивают ток нагрузки, внимательно следя за показаниями амперметра. Если при токе 7—10 А отключение устройства не происходит или оно отключается при меньшем токе, то соответственно подбирают резистор *R8*.

Далее приступают к регулировке системы автоматического контроля подзаряда. К выходным зажимам-гнездам подключают нагрузку, потребляющую ток 0,5—1 А, и вольтметр класса 0,5 или 1,0. Переключатель *В4* ставят в положение *«Вкл.»*, а *В3* в положение *«6 В»*. Плавно увеличивая выходное напряжение переменным резистором *R3*, подбором сопротивления резистора *R6* добиваются, чтобы устройство отключалось при выходном напряжении 7 ± 0,1 В. Затем переключатель *В3* переводят в положение *«12 В»* и резистором *R5* добиваются отключения устройства при выходном напряжении на нагрузке 14 ± 0,1 В. Такие регулировки производят 2—3 раза. При этом следят, чтобы ток нагрузки был в пределах 0,5—1 А.

ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ, ЭЛЕКТРОМУЗЫКА

УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ БЕЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСКАЖЕНИЙ

А. Бирюков

В связи с повышающимися требованиями, предъявляемыми к высококачественным усилителям звуковой частоты, возрос интерес радиолюбителей к борьбе с динамическими искажениями. Среди опытных радиолюбителей-конструкторов аппаратуры высшего класса сложилось мнение, что для обеспечения полного отсутствия динамических искажений необходимо полосу пропускания усилителя увеличивать по крайней мере до 100—150 кГц при максимальной выходной мощности, минимуме гармонических искажений и сравнительно небольшой глубине отрицательной обратной связи (до 30 дБ).

В журнале «Радио» (1977, № 5, с. 47) была приведена схема возможного варианта такого усилителя, заимствованная из зарубежного журнала. Автором был разработан аналогичный усилитель на отечественных транзисторах. Его выходная мощность при напряжении источника питания 48 В составляет 20 Вт на нагрузке сопротивлением 8 Ом, относительный уровень помех — 78 дБ; чувствительность — 2В при максимальной выходной мощности и входном сопротивлении 5 кОм; полоса пропускания усилителя без отрицательной обратной связи — от 20 до 15 000 Гц. Полоса пропускания усилителя, охваченного отрицательной обратной связью глубиной 30 дБ, от 20 до 150 000 Гц без видимых на экране осциллографа искажений и максимальной выходной мощности.

Принципиальная схема усилителя приведена на рис. 1. На его вход подают сигнал звуковой частоты напряжением не менее 2 В от предварительного усилителя. Первый каскад усилителя, в котором работают транзисторы *T1* и *T2*, дифференциальный. В эмиттерную цепь обоих транзисторов включены резисторы *R7*, *R10*

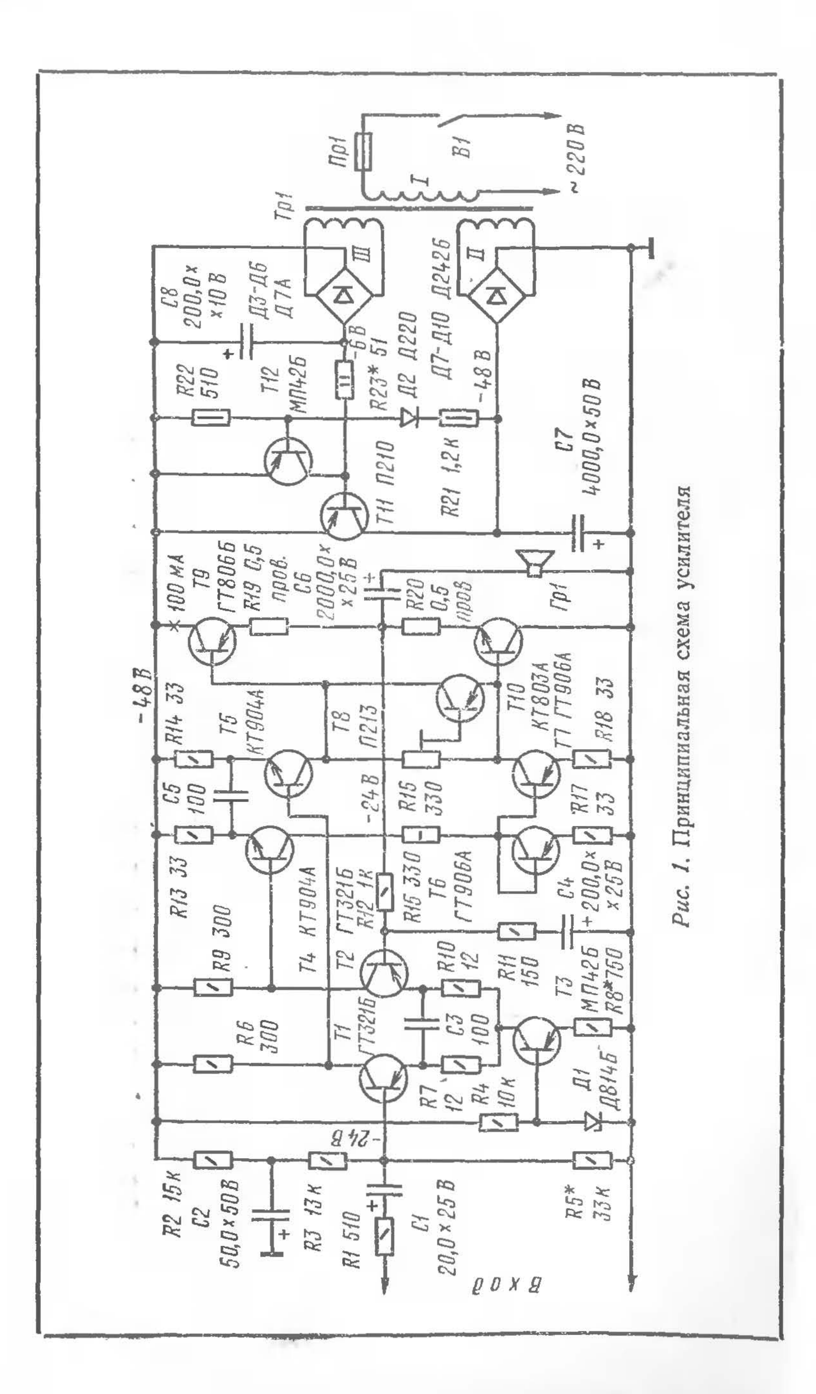


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя

и генератор тока, собранный на транзисторе *R3*. Резисторы *R7* и *R10* образуют местную ООС, повышающую линейность каскада и улучшающую его симметричность. Генератор тока обеспечивает постоянство токов коллектора транзисторов первого каскада, что повышает стабильность работы всех каскадов усилителя. В этом каскаде, кроме того, осуществляется коррекция по опережению (конденсатор *С3*). Во втором каскаде усилителя работают транзисторы *Т4* и *Т5*. Для симметричной раскачки транзисторов выходного каскада в этом каскаде применено «токовое зеркало», собранное на транзисторах *Т6* и *Т7*. Резисторы *R13* и *R14* образуют местную ООС. Коррекция по опережению осуществляется конденсатором *С5*. Транзисторы *Т9* и *Т10* выходного каскада включены по схеме с общим коллектором. Транзистор *Т8*, служащий для обеспечения температурной стабилизации выходного каскада, установлен на теплоотводящем радиаторе транзистора *Т9*.

Весь усилитель мощности охвачен общей ООС по постоянному и переменному току. Сигнал ООС по постоянному току с выхода усилителя подается через резистор *R12* на базу транзистора *Т2* первого дифференциального каскада. Это напряжение сравнивается с напряжением на базе транзистора *Т1*, создаваемым делителем *R2—R4*. Разностное напряжение усиливается и подается на базы выходных транзисторов, обеспечивая тем самым постоянство напряжения на выходе усилителя, равное половине напряжения источника питания. Сигнал ООС по переменному току, снимаемый с выхода усилителя, подается на базу транзистора *Т2* через делитель *R11R12*. Отношение сопротивлений резисторов этого делителя определяет коэффициент усиления усилителя, охваченного ООС. Коэффициент усиления усилителя без ООС около 300. Для обеспечения чувствительности, равной 2 В, глубина ООС должна быть около 30 дБ.

Для предохранения усилителя от перегрузок предусмотрена система защиты, собранная на транзисторах *Т11* и *Т12*. Работает она следующим образом. Пока ток коллектора транзистора *Т11* не превышает ток срабатывания защиты, этот транзистор открыт и насыщен. Падение напряжения на нем не более 100 мВ. С увеличением тока коллектора транзистор выходит из насыщения,

напряжение на участке эмиттер—коллектор увеличивается. Увеличивается, следовательно, и напряжение на базе транзистора *Т12*. При этом транзистор *Т12* открывается сам и закрывает транзистор *Т11*. Ток срабатывания защиты определяется произведением тока базы транзистора *Т11* на его статический коэффициент передачи тока $h_{21э}$. При номиналах резисторов, указанных на схеме, и коэффициенте передачи тока транзистора *Т11* около 50, ток срабатывания защиты составит 6 А, что соответствует 25%-ной перегрузке стереофонического усилителя.

Блок питания усилителя образуют трансформатор *Тр1* и два двухполупериодных выпрямителя, диоды которых включены по мостовой схеме. Напряжение на выходе основного выпрямителя (*Д7* — *Д10*) 48 В, на выходе вспомогательного выпрямителя — около 6 В.

При другом напряжении источника питания, а значит, и другой выходной мощности усилителя расчет номиналов резисторов можно вести в таком порядке. Необходимое напряжение источника питания определяют по формуле:

$$U = \sqrt{P \cdot 8R_н} + U_т,$$

где U — постоянное напряжение источника питания, при максимальной выходной мощности, В;

P — выходная мощность, Вт;

$R_н$ — сопротивление нагрузки, Ом;

$U_т = 5$ В — падение напряжения на двух выходных транзисторах.

Затем определяют максимальный коллекторный ток транзисторов: $I_{К9,10} = \sqrt{\frac{2P}{R_н}}$. Для рассмотренного усилителя $I_{К9,10} = \sqrt{\frac{2 \times 20}{8}} = 2,2$ А. Далее находят максимальный ток базы выходных транзисторов *Т9* и *Т10*: $I_{Б9,10} = \frac{I_{К9,10}}{h_{21Э9,10}}$. При коэффициенте передачи тока этих транзисторов, равном 40, $I_{Б9,10} = \frac{2,2}{40} = 55$ мА.

Ток покоя коллекторных цепей транзисторов *Т4, Т5, Т6, Т7* должен быть несколько больше половины тока $I_{Б9,10}$. В описанном усилителе он выбран равным 30 мА. Падение напряжения на резисторах *R14, R13, R17* и *R18*

должно быть около 1 В. При меньшем напряжении стабильность усилителя по постоянному току может быть недостаточной, повысится вероятность самовозбуждения, а при большем снижается коэффициент использования напряжения питания из-за увеличения падения напряжения на выходных транзисторах. Отсюда находим сопротивление резисторов:

$$R13 = R14 = R17 = R18 = \frac{1\ В}{I_{К4,5,6,7}} = \frac{1\ В}{30\ мА} = 33\ Ом.$$

Для повышения линейности дифференциального каскада коллекторный ток транзисторов *Т1* и *Т2* должен в несколько раз превышать ток базы транзисторов *Т4* и *Т5*, который определяют по формуле: $I_{Б4,5} = \frac{I_{К\,4,5}}{h_{21Э4,5}}$. При $h_{21э} = 50$ $I_{Б4,5} = \frac{30}{50} = 0,6$ мА. В связи с этим ток коллектора транзисторов *Т1* и *Т2* описываемого усилителя выбран равным 6,5 мА. Ток коллектора транзистора *Т3* равен сумме $I_{К1} + I_{К2} = 13$ мА и определяется напряжением на базе транзистора *Т3* и сопротивлением резистора *R8*: $U_{Б3} = 9,5$ В; $R8 = \frac{9,5\ В}{13\ мА} = 0,75$ кОм. Падение напряжения на коллекторных резисторах *R6* и *R9* транзисторов *Т1* и *Т2* должно быть равно сумме падения напряжения на резисторах *R13* (*R14*) и напряжения эмиттер—база транзисторов *Т4* (*Т5*): $U_{R6} = U_{R9} = U_{R13} + U_{ЭБ4} = 1 + 0,7 = 1,7$ В. Силу тока, текущего через резисторы *R6* и *R9*, определяют по формуле: $I_{R6} = I_{R9} = I_{К1} - I_{Б5} = 6,5 - 0,6 = 5,9$ мА. Следовательно, $R6 = R9 = \frac{1,7}{5,9} = 300$ Ом.

Номиналы остальных резисторов для любой другой выходной мощности усилителя могут быть такими, как указаны в схеме. Превышать выходную мощность усилителя более 25 Вт не следует, так как все каскады усилителя, кроме выходных, работают в классе А, и мощность, рассеиваемая на транзисторах *Т4* — *Т7*, может превысить максимально допустимую.

Большая часть деталей стереофонического усилителя смонтирована на печатной плате размерами 170×

Рис. 2, а. Рисунок печатного монтажа

а

б

Рис. 2, б. Размещение деталей на монтажной плате

×90 мм (рис. 2), выполненной из фольгированного стеклотекстолита или гетинакса толщиной 1,5 мм. Выходные транзисторы *Т9* и *Т10* установлены на металлических пластинах площадью по 300 см², выполняющих роль радиаторов. Транзисторы предварительного усилителя работают при значительных мощностях рассеяния, поэтому они тоже снабжены радиаторами. Мощность, рассеиваемая на транзисторах *Т1, Т2, Т3*, около 200 мВт. Радиаторы этих транзисторов изготовлены следующим образом. От латунной трубки с внутренним диаметром 8 мм (для транзисторов ГТ321) и 8,5 мм (для транзисторов МП42) отрезают кольца высотой 6 мм. Наружную поверхность кольца лудят, а затем из медной луженой проволоки толщиной 0,6 мм делают спираль с внутренним диаметром 6 мм. Этой спирали придают кольцеобразную форму — тор, внутренний диаметр которого должен быть несколько меньше наружного диаметра кольца. Тор надевают на кольцо и пропаивают по контуру. Готовый радиатор крепят на корпусе транзистора клеем.

Транзисторы *Т4, Т5, Т6* и *Т7* устанавливают на общем радиаторе — пластине из листового алюминиевого сплава Д16АМ толщиной 1,5 мм. Площадь радиатора для стереофонического усилителя должна быть около 400 см². Транзисторы *Т6* и *Т7* изолируют от радиатора слюдой или в крайнем случае тремя слоями липкой ленты, предназначенной для склеивания магнитной ленты. Радиатор с транзисторами устанавливают непосредственно на печатной плате. На резисторе *R15* рассеивается мощность около 600 мВт, поэтому он установлен на плате вертикально.

В усилителе можно использовать транзисторы с коэффициентом передачи тока не менее 30, причем у транзисторов *Т9* и *Т10* он не должен отличаться более чем на 15%, а у транзисторов *Т1, Т2* и *Т4, Т5* не более чем на 25%.

Транзисторы ГТ906 можно заменить транзисторами ГТ905 или П605, а КТ904 — транзисторами КТ907, КТ801, КТ606, КТ602. Если использовать транзисторы КТ602, максимальная мощность усилителя не должна превышать 15 Вт.

Транзисторы *Т11* и *Т12* монтируют на плате блока питания без радиаторов. Резисторы, используемые в усилителе, МЛТ-0,5 (*R21, R22*), МЛТ-1,0 (*R15*),

МЛТ-2 (*R23*). Резисторы *R19* и *R20* изготовлены из нихромового провода диаметром 0,2 мм. Длина незалуженной части провода 13 мм. При использовании медного провода его следует наматывать бифилярно, чтобы не сказывалась его индуктивность.

Мощность трансформатора *Тр1* блока питания не менее 70 Вт (для стереофонического усилителя). Данные самодельного трансформатора: магнитопровод Ш32×32, обмотка *I* — 1060 витков провода ПЭВ-2 0,34, обмотка *II* — 195 витков провода ПЭВ-2 1,0, обмотка *III* — 40 витков провода ПЭВ-2 0,5.

Налаживание. Перед подключением усилителя к сети движок подстроечного резистора *R16* устанавливают в верхнее (по схеме) положение. В разрыв коллекторной цепи резистора транзистора *Т9* включают амперметр на ток 0,5 А. Подбирая резистор *R5*, устанавливают на выходе усилителя напряжение, равное половине напряжения источника питания. Затем резистором *R16* устанавливают ток покоя выходных транзисторов в пределах 100—150 мА. Далее проверяют падение напряжения на резисторах *R13* и *R14*. Оно должно быть 1 В ± ± 10%. При большем отличии подбирают резистор *R8*.

Следует отметить, что конденсаторы *С3* и *С5* необходимы только в случае самовозбуждения усилителя на высоких частотах. Их емкость может быть от десятков до тысяч пикофарад. При использовании транзисторов, указанных в схеме, генерация, как правило, не возникает. Если транзисторы *Т4* и *Т5* серии КТ801, а *Т6* и *Т7* серии П605, то может возникнуть весьма устойчивая генерация, которую не удается сорвать подбором конденсаторов *С3* и *С5*. В таком случае сопротивление резисторов *R7* и *R10* следует увеличить до 50—70 Ом и повторить подбор конденсаторов. Для сохранения прежней глубины отрицательной обратной связи чувствительность усилителя надо уменьшить вдвое, увеличив сопротивление резистора *R11*.

ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК МУЗЫКАЛЬНЫХ ЭФФЕКТОВ

А. Кущев

В выпускаемых нашей промышленностью электронных музыкальных инструментах не в полном объеме использованы звуковые эффекты. Частично компенсировать этот недостаток можно с помощью предлагаемого электронного блока, позволяющего создавать различные музыкальные эффекты в партиях ритма или соло на электронных музыкальных инструментах.

Предусмотрены следующие электронные эффекты: амплитудные вибрато и тремоло; амплитудно-фазовые вибрато и тремоло; имитатор-ревербератор (ревербератор для струнных инструментов); «вау»-эффект (квакуша); «фаз»-эффект с «жестким» и «мягким» звучанием. Блок, кроме того, позволяет расширить музыкальные возможности струнных инструментов введением темброблока, представляющего собой умножитель частоты на два, четыре и восемь, имитировать звуки различных животных, птиц, автомобилей, «космические» звуки, гул самолетов, изменять тембр голоса певца и т. п.

Принципиальная схема электронного блока музыкальных эффектов приведена на рис. 1. Он состоит из шести взаимосвязанных узлов: преобразователя спектра колебаний звуковых частот (транзисторы *T1—T5*), амплитудного вибрато и тремоло (*T6—T14*), амплитудно-фазового вибрато и тремоло (*T6, T14, T17—T19*), имитатора-ревербератора (*T10—T14*), «вау»-эффекта (*T18—T19*) и темброблока (*T15, T16, T20—T31*). Блоком эффектов можно управлять вручную или педалью-приставкой. Все его узлы соединены между собой последовательно, а их входные и выходные цепи коммутируются переключателями и тремя электромагнитными реле (при управлении педалью).

Узлы блока питаются от источника постоянного тока напряжением 12 В, а обмотки электромагнитных реле — от источника напряжением 24 В.

На схеме контакты переключателей и электромагнитных реле блока показаны в начальном положении. В этом случае сигнал, поданный на гнездо *3* входного разъема *Ш1.1*, без каких-либо преобразований и усиления проходит через нормально замкнутые контакты *В3, В4.1, Р1.1, Р1.2, В4.2, В5, Р3.1, В6, В7* и *В8* к выходному разъему *Ш3*, а от него — на вход оконечного усилителя НЧ. Переключателем *В3* включают только преобразователь спектра. Чтобы включить только амплитудное вибрато, надо переключатель *В3* вернуть в исходное положение и переключить контакты переключателя *В4*. Переключателем *В5* включают имитатор-ревербератор, переключателями *В6, В8* — темброблок, а переключателем *В7* — «вау»-эффект. Одновременно несколько блоков включают соответствующими переключателями и электромагнитными реле *Р1—Р3*.

Схема преобразователя спектра заимствована из журнала «Радио» № 10 за 1973 год. Добавлен только пятый каскад на транзисторе *T5*. Нагрузкой транзистора *T1* первого каскада, включенного эмиттерным повторителем, служит резистор *R2*. Разница между выходным и входным напряжениями, равная напряжению на открытом эмиттерном переходе, мала. Поэтому выходное напряжение по фазе и величине достаточно близко совпадает с входным сигналом. Благодаря значительному входному сопротивлению каскада, он не шунтирует источник входного сигнала.

На транзисторах *T2, T3* и *T5* собран усилитель сигнала. При включении преобразователя спектра на выходе формируется сигнал с «жестким» звучанием. Контактами *В2.1* переключателя *В2* к выходному каскаду преобразователя спектра подключают *RC*-цепь (*R13, C7*), «смягчающую» звук. Однако амплитуда сигнала при этом резко уменьшается, поэтому и добавлен каскад на транзисторе *T5*.

Формы сигналов на выходе преобразователя спектра при двух положениях переключателя *В2* показаны на рис. 2, *а—в* (*а* — сигнал на входе преобразователя спектра, *б* — выходной сигнал без *RC*-цепи, *в* — выходной сигнал с включенной *RC*-цепью.

Узел тремоло собран на транзисторах *T7* и *T8*, а транзисторы *T6* и *T9* работают в каскадах предварительного усиления. Режим транзисторов каскадов усиления задается начальным током их базы. В каскаде на транзисторе *T6* увеличение тока коллектора за счет обратного тока коллекторного перехода приводит к увеличению напряжения на резисторе *R19* в цепи эмиттера.

Рис. 1. Принципиальная схема блока

Продолжение рис. 1

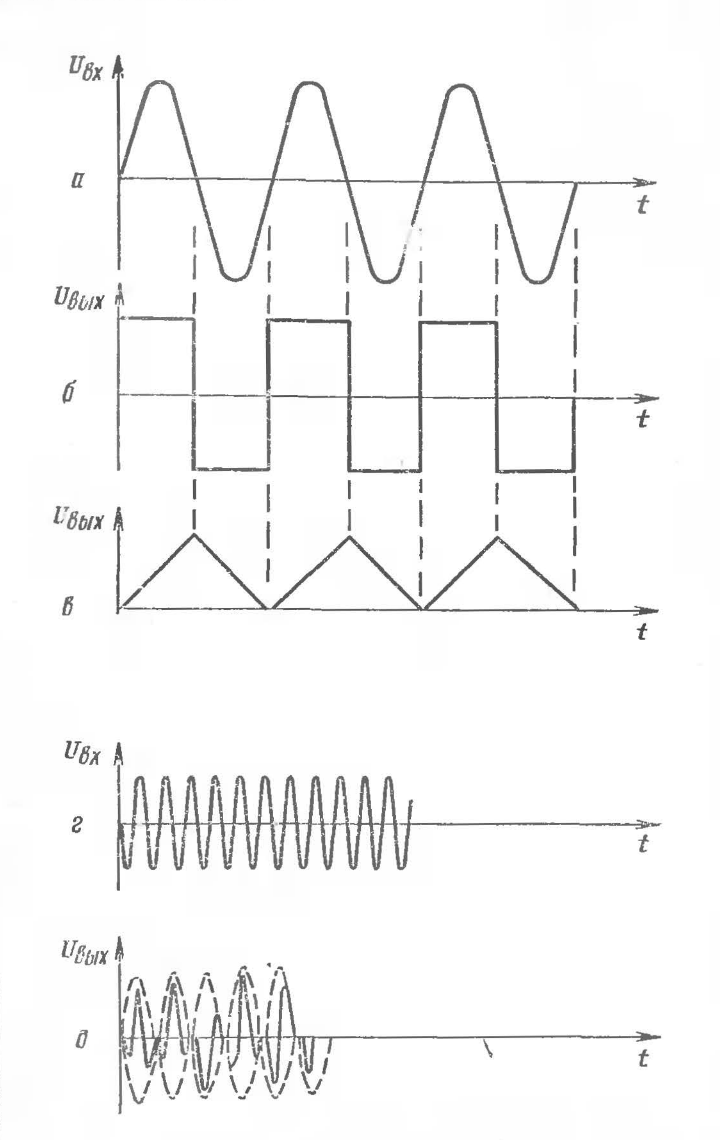


Рис. 2. Форма сигналов на выходе преобразователя спектра при двух положениях переключателя *В2*

При этом разность напряжений, под которой находится резистор *R17*, уменьшается, и ток базы становится меньшим. От этого уменьшается и ток коллектора, что до некоторой степени компенсирует перемещение рабочей точки транзистора. Резистор *R19*, таким образом, создает последовательную отрицательную обратную связь по постоянному току. Для устранения обратной связи по переменному току, снижающей усиление, резистор *R19* зашунтирован конденсатором *C11*. В усилителе на транзисторе *T9* необходимый ток базы обеспечивается делителем напряжения *R28R29*.

Генератор этого узла блока выполнен по широко известной схеме генератора с фазосдвигающими цепями и обратной связью. Частота колебаний генератора 10—18 Гц. Узел работает следующим образом. При включении его переключателем *B4* (педалью — посредством кнопки *Кн2*, реле *P1* и его контактов *P1.1* и *P1.2*) усиленный транзистором сигнал поступает на один из входов смесителя, выполненного на переменном резисторе *R27*. На другой вход смесителя подается синусоидальное колебание непосредственно от генератора (коллектор *T8*). Выходной сигнал смесителя усиливается транзистором *T9* и через контакты *B4.2* переключателя подается на выход блока.

Форма сигналов эффекта тремоло показана на рис. 2 (*г* — форма сигнала на входе, *д* — форма выходного сигнала). Переменным резистором *R24* регулируют глубину эффекта тремоло, а резистором *R22* — его частоту.

Эффекты амплитудного вибрато, реверберации звука и амплитудно-фазовых вибрато и тремоло создаются генератором НЧ на транзисторах *T10, T11* с фазовращающими *RC*-цепями. Две фазовращающие цепи образуют элементы *R32, R33, C20, R34, C23* и *R35, C25* или, соответственно, *R32, R33, C21, R34, C24* и *R35, C26.* Эти цепи на 180° поворачивают фазу напряжения обратной связи, подаваемого из коллекторной цепи транзистора *T11* в цепь базы транзистора *T10*, благодаря чему генератор возбуждается. Каскад на транзисторе *T13* предназначен для усиления входного сигнала. Каскад на транзисторе *T14* выполняет функцию модулятора. Входной сигнал подается на коллектор через конденсатор *C30*. Сюда же через резистор *R51* и коммутирующий транзистор *T12* подается

управляющее напряжение от источника питания с частотой, равной частоте генератора (*T10, T11*). Работой коммутирующего транзистора управляет синусоидальное напряжение генератора. Глубину обратной связи можно изменять подстроечным резистором *R43*, а частоту вибрации — переменным резистором *R33*.

Транзисторы *T10* и *T11* генератора должны быть с возможно большим коэффициентом передачи тока для данной серии. Режим транзистора *T13* устанавливают подбором резистора *R44* делителя *R44R45*. В режиме амплитудного вибрато (частота 6—9 Гц), когда обмотка реле *P2* обесточена, резисторами *R33* и *R39* можно увеличить частоту генератора и тем самым добиться эффекта тремоло (частота 10—18 Гц).

При замыкании контактов выключателя *B1* срабатывает и своими контактами *P2.1, P2.2, P2.3* переключает в фазовращающих цепях *RC*-звенья. Теперь частота колебаний, вырабатываемых генератором, будет ниже (3—4 Гц) — получается эффект, напоминающий реверберацию звука. В режиме *«Имитатор-реверберратор»* этот узел блока работает так же, как и в режиме *«Амплитудное вибрато»* (звуковой сигнал изменяется в такт с частотой генератора), только лишь с разницей в частоте колебаний, вырабатываемых генератором.

Эффект амплитудно-фазового вибрато получается путем подачи сигнала генератора, снимаемого с резистора *R42*, на базу транзистора *T17* (подвижный контакт переключателя *B10* в верхнем по схеме положении). Этот ключевой каскад позволяет изменять «окраску» звукового сигнала с частотой колебаний генератора. Переключателем *B13* Т-мост узла «вау» на транзисторах *T18* и *T19* подключают через участок коллектор — эмиттер транзистора *T17* к общему положительному проводнику. Электронным ключом управляет (через *B10*) сигнал генератора тремоло или вибратора-реверберратора. Сигнал, поступающий от генератора тремоло, снимается с движка переменного резистора *R27*, а от вибратора-реверберратора — с резистора *R42*. При таком управлении электронным ключом можно создать эффекты: амплитудно-фазовое тремоло — при исходном положении переключателя *B10* и переключенных *B13* и *B6*, амплитудно-фазовое вибрато — при переключении *B10*, *B13*. При таком же положении контактов этих переклю-

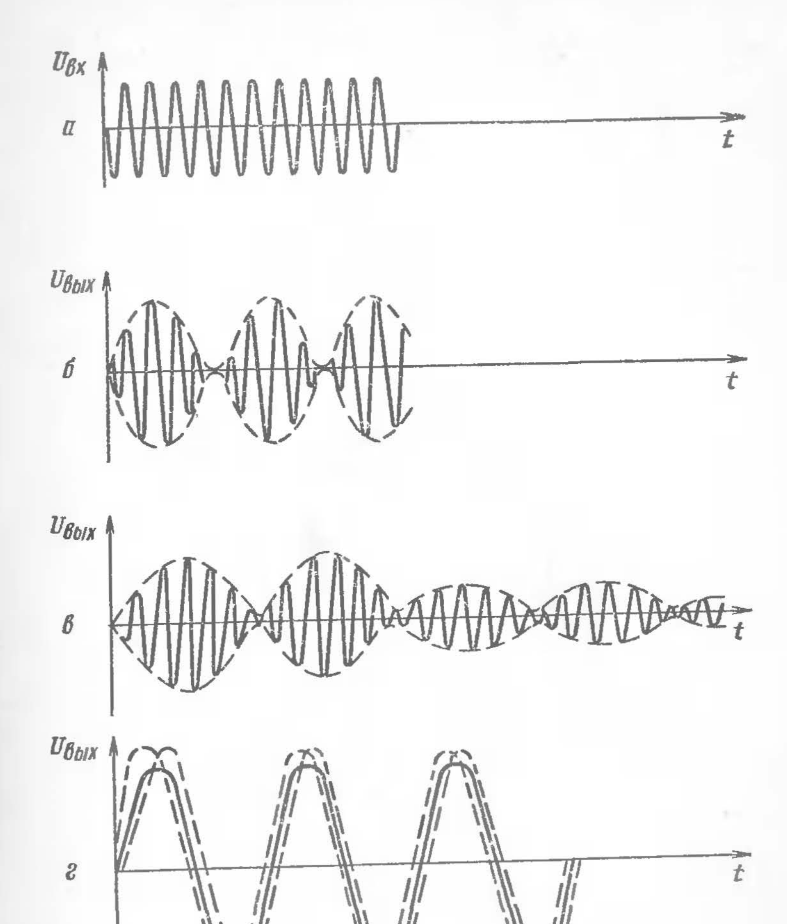


Рис. 3. Форма выходных сигналов.

чателей и замкнутых контактах переключателя *B1* можно включить амплитудно-фазовый имитатор-реверберратор, что придает звучанию оригинальный, звонкий, колеблющийся с частотой реверберратора, «вау»-эффект.

Осциллограммы выходных сигналов, полученные при всех трех эффектах, изображены на рис. 3: *а* — входной сигнал, *б* — выходной сигнал в режиме *«Амплитудное*

вибрато», *в* — выходной сигнал в режиме *«Имитатор-ревербератор»* при затухающем входном сигнале; *г* — выходной сигнал в режиме *«Фазовое вибрато»*.

Темброблок, позволяющий получать различные тембры, оригинальные звуковые эффекты, например насвистывание мелодии, голоса животных, трели птиц, имитацию плача ребенка и некоторые другие, состоит из трех удвоителей частоты на транзисторах *Т20—Т31*, переключателей *В6, В11, В12* и электронного переключателя на транзисторах *Т15, Т16*. Входной сигнал на базы транзисторов *Т20* и *Т21* преобразователя поступает через переключатель *В5* и разделительные конденсаторы *С43* и *С44*. Резистор *R71* является общей нагрузкой каскада. Транзистор *Т20* включен (по отношению к входному сигналу) по схеме с общим коллектором, а *Т21* — по схеме с общим эмиттером. При таком включении транзисторов разной структуры на нагрузочном резисторе одновременно действуют два напряжения, одно из которых имеет неискаженную форму и ту же фазу, что и входной сигнал, а второе сдвинуто по фазе на угол 180° и сильно искажено, так как транзистор *Т21* работает без смещения. В результате при равенстве амплитуд неискаженного и первой гармоники искаженного сигналов нечетные гармоники уничтожаются и на нагрузочном резисторе выделяется только напряжение второй гармоники сигнала (амплитудами остальных четных гармоник можно пренебречь). Уровень можно регулировать резистором *R72*.

На транзисторе *Т22* собран усилительный каскад, обеспечивающий темброблоку высокую стабильность работы.

Для согласования выходного сопротивления первого умножителя частоты со входом второго умножителя служит эмиттерный повторитель на транзисторе *Т23*. С его нагрузочного резистора *R79* сигнал, удвоенный по частоте, поступает через конденсатор *С47* на вход второго удвоителя частоты, выполненного на транзисторах *Т24* и *Т25*, и одновременно к переключателю *В11*. С выхода второго удвоителя частоты сигнал поступает к усилителю на транзисторе *Т26*, выполненному по схеме коллекторной стабилизации режима. Второй и третий удвоители частоты связаны с эмиттерным повторителем на транзисторе *Т27*.

С выхода третьего удвоителя частоты сигнал подается через конденсатор *С55* на вход двухкаскадного усилителя на транзисторах *Т30* и *Т31*, а с его выхода — к переключателю *В12*.

Переключателями *В11* и *В12* коммутируют выходные сигналы удвоителей частоты на общий выход устройства (через переключатель *В6*) и на вход электронного переключателя на транзисторах *Т15, Т16*, представляющего собой два транзисторных ключа с ускоряющими конденсаторами *С31* и *С32*. Работой транзисторных ключей управляют сигналы генератора узла вибратор-реверберато (управляющий сигнал подается с резистора *R42*), генератора тремоло (управляющий сигнал подается с резистора *R27*), выходные сигналы удвоительной частоты (через контакты *В1.2, В1.1* контакты *В2*) и исходный входной сигнал (с переключателя *В7*). Так как сигнал, управляющий электронным переключателем, по форме представляет собой синусоиду, а для открывания транзистора *Т15* необходимо напряжение отрицательной полярности, то в цепь базы включен диод *Д2*. Транзистор *Т16* имеет структуру *n—p—n*, поэтому в его базовой цепи стоит диод *Д3*, включенный по отношению к диоду *Д2* в обратном направлении. При отрицательной полуволне управляющего сигнала открывается транзистор *Т15* и через него проходит сигнал от конденсатора *С33* к выходному конденсатору *С34* электронного переключателя. При положительной полуволне открывается транзистор *Т16* и через него к выходу электронного переключателя на конденсатор *С35* проходит сигнал с конденсатора *С36*.

Работу электронного переключателя поясняют графики, показанные на рис. 4. Здесь: *а* — входной сигнал, поданный на удвоитель частоты; *б* — выходной сигнал удвоителя частоты; *в* — сигнал, управляющий работой переключающего устройства; *г* — сигнал на входе транзистора *Т16*; *д* — сигнал на входе транзистора *Т15*; *е* — выходной сигнал переключающего устройства.

Устанавливая переключатели *В8, В7* и *В11* в соответствующие положения, можно добиться оригинальных звуковых эффектов. Например, эффект насвистывания получается за счет того, что исходные звуки (свисты) прерываются с частотой тремоло (см. график *е* на рис. 4).

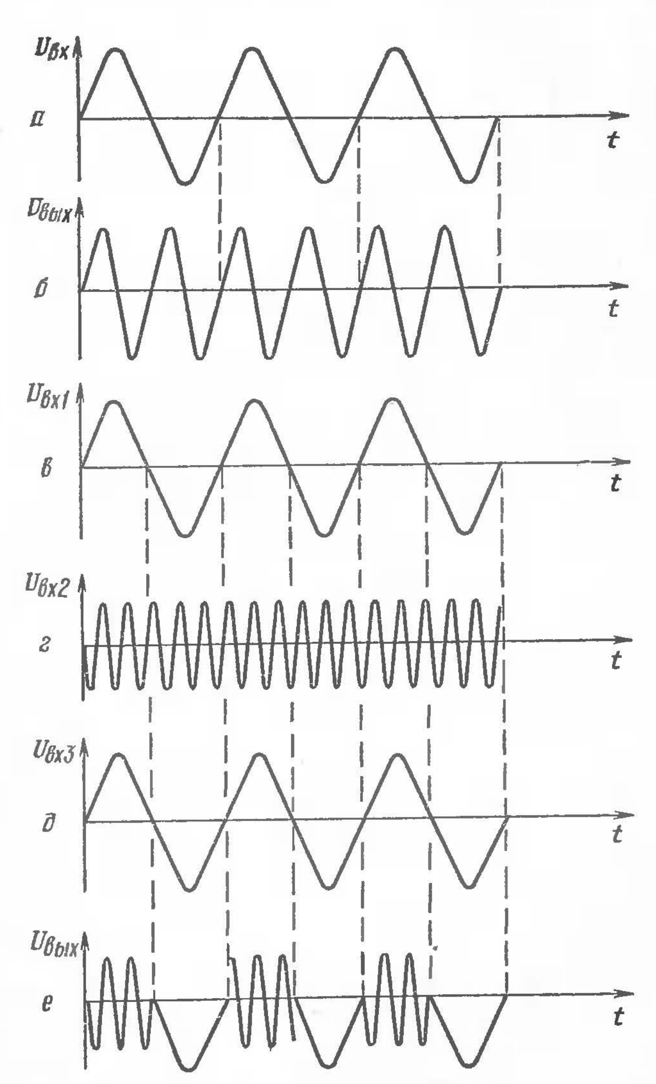


Рис. 4. Осциллограммы выходных сигналов, поясняющие работу электронного переключателя

Узел «в а у» - э ф ф е к т а (транзисторы *Т18, Т19*) аналогичен резонансному усилителю с перестраиваемым Т-мостом, описанному в «Радио», 1973, № 10, с. 43. Дополнительно в него введен переключатель *В13*, которым выбирают режим работы устройства. Кнопочным переключателем *Кн1* управление «вау»-эффектом можно перевести на ножную педаль через контакт *4* входного разъема *Ш1.1* и *Ш1.2*.

П е д а л ь - п р и с т а в к а содержит переменный резистор *R102*, подключаемый кнопкой *Кн1* к узлу «вау»-эффекта, и кнопки *Кн2* и *Кн3*, которыми коммутируют цепи питания обмоток электромагнитных реле. При нажатии на кнопку *Кн2* срабатывает реле *Р1*, которое контактами *Р1.1* подключает гнездо *3* входного разъема *Ш1.1* ко входу генератора тремоло, а контактами *Р1.2* — выход этого узла блока к переключателю *В4.2*. При нажатии на кнопку *Кн3* срабатывает реле *Р3* и контактами *Р3.1* подключает выход тембропреобразователя к переключателю *В6*, ведущему к выходному разъему *Ш3*. Таким образом, кнопками ножной педали можно дистанционно включать в блоке генератор тремоло и темброблок, а самой педалью, связанной с осью переменного резистора *R102*, изменять тембр звукового эффекта.

Для питания узлов блока требуется стабилизированный источник постоянного тока напряжением 12 В, рассчитанный на ток потребления 0,6 А, желательно с электронной защитой от коротких замыканий и перегрузок. Для питания обмоток электромагнитных реле пригоден двухполупериодный выпрямитель с выходным напряжением 24—27 В.

К о н с т р у к ц и я самого блока музыкальных эффектов может быть произвольной, обеспечивающей удобство в эксплуатации. Монтажные платы узлов описываемого блока, например, размещены в корпусе от электробритвы («Харьков-15М»), внешне несколько измененном (рис. 5). На верхней панели корпуса установлены переменные резисторы *R24, R27, R33, R39, R68* и выключатель *В1*. Остальные органы управления блоком находятся на боковых стенках. У музыканта блок эффектов находится сбоку на ремне, перекинутом через плечо. Масса блока около 900 г.



Рис. 5. Конструкция электронного блока

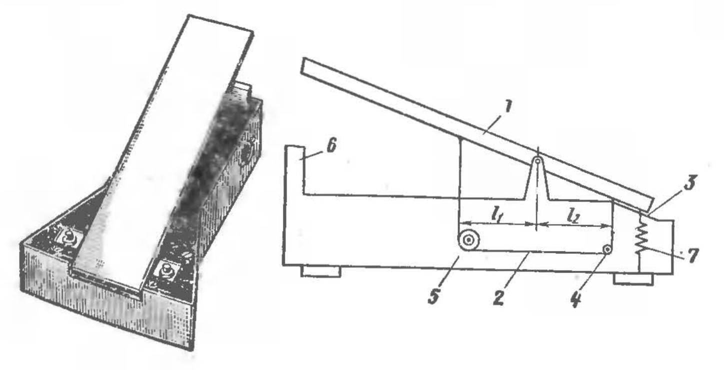


Рис. 6. Конструкция педали

Детали преобразователя спектра смонтированы на плате размерами 75×30 мм, узла тремоло — на плате 100×30 мм, «вау»-эффекта — на плате 60×20 мм, темброблока — на плате 90 × 30 мм. Элементы узлов амплитудного вибрато, имитатора-ревербератора и фазового вибрато смонтированы на одной общей плате размерами 135×30 мм.

Все постоянные резисторы — МЛТ-0,25, переменные — СПО-0,5, подстроечные — СП5-2. Переключатели и кнопки — МТ1-1, КМ1-1. Электромагнитные реле *Р1* и *Р2* — РЭС-15 (паспорт РС4.591.001), причем реле *Р1* состоит из двух таких реле, обмотки которых соединены параллельно. Реле *Р3* — РЭС-22 (паспорт РФ4.500.131).

Внешний вид и чертеж конструкции ножной педали-приставки показаны на рис. 6. При нажатии на педаль *1*

канатик *2*, обернутый вокруг ролика *4* на оси переменного резистора *5* (*R102*) и закрепленный на внутренней плоскости педали ($l_1 = l_2$), вращает движок резистора. Пружина *7* возвращает педаль в исходное положение. Порожки *3* и *6* ограничивают ход педали. По обе стороны от педали, на ее корпусе *5*, расположены разъемы и кнопочные переключатели *Кн2* и *Кн3*.

При налаживании узлов блока используют любой низкочастотный осциллограф и генератор звуковой частоты, например приборы С1-49 и Г3-33.

Генераторы тремоло и вибрато в настройке не нуждаются, если транзисторы *Т7, Т8, Т10—Т12* выбраны с максимальными коэффициентами передачи тока.

В блоке использованы широко распространенные среди радиолюбителей предварительные усилители на транзисторах (*Т6, Т9, Т13* и т. д.). Налаживание их сводится к следующему. Например, на вход усилителя на транзисторе *Т6* подают от генератора синусоидальное напряжение частотой 1000 Гц и амплитудой около 50 мВ, а к выходу подключают осциллограф. Подбором резистора *R17* добиваются получения на экране неискаженного сигнала. Во всех низкочастотных каскадах возможна замена транзисторов между собой или другими аналогичными. Так, например, вместо МП40 можно использовать транзистор МП41, проведя дополнительную регулировку режима его работы.

Для регулировки электронного переключателя (транзисторы *Т15, Т16*) нужны два генератора. От одного из них сигнал частотой 1000 Гц подают на первый вход (*С33*), а от второго сигнал частотой 10 000 Гц — на второй вход (*С36*) переключателя. Подбором резисторов *R53* (в пределах 1,8—4,7 кОм) и *R54* (47—82 кОм) добиваются, чтобы при отсутствии напряжения на управляющем входе (*Д2, Д3*) сигнал на выходе переключателя (*С34, С35*) исчезал.

После этого на управляющий вход подают отрицательное напряжение примерно 5—8 В. При этом на выходе должен появиться только первый входной сигнал (1000 Гц). При подаче же на управляющий вход такого же положительного напряжения на выходе переключателя должен появиться только второй входной сигнал (10 000 Гц). В противном случае потребуется дополнительный подбор резисторов *R53* и *R54*. Настройку этого

узла можно контролировать по осциллограммам, приведенным на рис. 4.

Удвоители частоты (транзисторы *Т20—Т31*) настраивают в таком порядке. На вход первого каскада (*Т20, Т21*) подают сигнал частотой 1000 Гц и амплитудой 50—100 мВ, а к выходу каскада подключают осциллограф. Подстроечным резистором *R72* добиваются удвоенной частоты выходного сигнала (по амплитуде он будет меньше входного), после чего этот резистор лучше заменить постоянным.

Аналогично настраивают другие каскады этого узла, с той лишь разницей, что на вход каждого последующего каскада сигнал подают непосредственно с предыдущего усилителя (*Т23, Т27, Т31*).

Желательно на вход удвоителей частоты (*С43, С44*) подавать сигналы с одинаковой амплитудой, для чего потребуется дополнительный НЧ компрессор с АРУ. Принципиальные схемы таких устройств неоднократно публиковались в журнале «Радио» и выпусках сборника «В помощь радиолюбителю».

ТЕЛЕВИДЕНИЕ

СЕНСОРНОЕ УСТРОЙСТВО ВЫБОРА ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРОГРАММ

А. Рябухин

Устройство переключения телепрограмм, рассчитанное на совместную работу с селектором каналов с электронным управлением СК-В-1 («Радио», 1975, № 2, с. 21), имеет сенсорное поле из шести контактов, касанием пальцем которых осуществляется выбор любого из телевизионных каналов метровых и дециметровых волн.

Схема сенсорного переключателя показана на рис. 1. Он состоит из шести одинаковых сенсорных усилителей, триггеров и каскадов управления системы переключения поддиапазонов. Принцип действия основан на подаче на вход устройства переменного напряжения частотой 50 Гц, наведенного в теле человека, при касании контакта, соответствующего выбранному телевизионному каналу.

При касании сенсора *Кт1* на затвор полевого транзистора *Т1* через конденсатор *С1* подается переменное напряжение тела человека. Это напряжение тем больше, чем больше входное сопротивление сенсорного усилителя. В связи с этим сенсорный усилитель выполнен на полевом транзисторе, входное сопротивление которого исчисляется мегаомами. Напряжение на стоке транзистора, появляющееся при поступлении входного сигнала, имеет вид, изображенный на рис. 2, *а*, и представляет собой ограниченное синусоидальное напряжение частотой 50 Гц.

С резистора *R2*, выполняющего роль нагрузки сенсорного усилителя, сигнал подается на вход микросхемы *МС1*, представляющей собой триггер с раздельными входами и являющейся запоминающим элементом устройства. При первом же достижении напряжением на входе порога срабатывания триггера происходит его переклю-

Рис. 1. Принципиальная схема сенсорного устройства

чение, а следовательно, и запоминание номера выбранного канала. Это же напряжение через конденсатор *С2* подается ко вторым входам (выводы *6, 7, 8*) всех микросхем устройства, возвращая в исходное состояние триггер той из них, которая до этого была включена. Напряжение на вторых входах микросхем (имеющее вид, показанный на рис. 2, *б*), является суммой переменной составляющей и продифференцированной постоянной составляющей напряжения стока транзистора *Т1*.

Несмотря на то, что к обоим входам первого триггера приложены напряжения, превышающие порог его переключения, он остается включенным, так как при данном соотношении входных напряжений включенное состояние оказывается более устойчивым.

При включении питания телевизора автоматически включается канал, соответствующий сенсору *Кт1*. Так происходит потому, что этот канал имеет систему автоматического включения, состоящую из конденсатора *С13*,

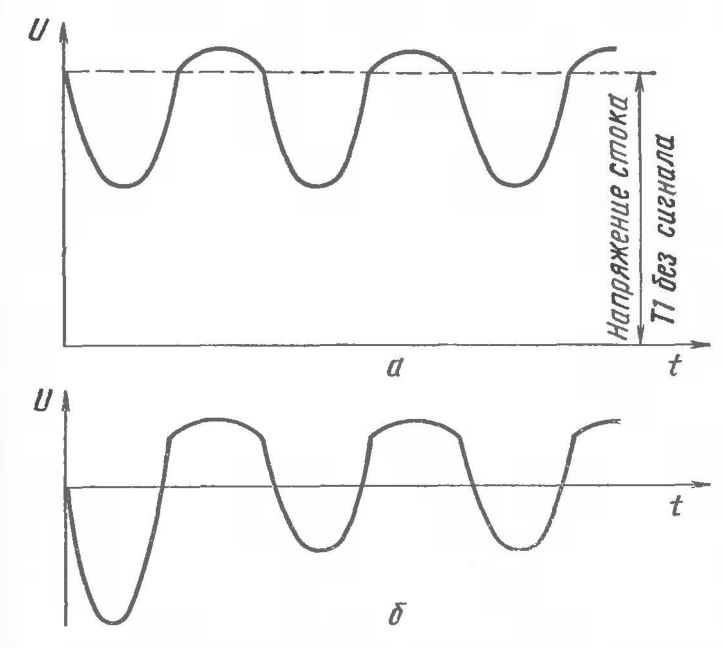


Рис. 2. Напряжения на стоках полевых транзисторов (*а*) и на вторых входах микросхем (*б*)

резистора *R25* и диода *Д11*. В момент подачи питающего напряжения +32 В начинает заряжаться конденсатор *C13* через резистор *R25*, и на вход триггера через диод *Д11* подается импульс напряжения, включающий канал.

Переключение триггера приводит к изменению напряжения между его выходами на напряжение противоположной полярности, благодаря чему транзистор *T2*, подключенный к выходам триггера эмиттерным переходом, открывается. Напряжение коллектора транзистора *T2*, сложенное с начальным напряжением смещения, подаваемым через резистор *R19* от источника напряжения —70 В, зажигает лампу *Л1* световой индикации и через диод *Д12* включает второй (по схеме) поддиапазон селектора каналов. Коммутирующие напряжения и питание преобразователя метровых или дециметровых (ДМВ) волн подключают к селектору электромагнитные реле *P1—P3*, являющиеся нагрузками транзисторов *T13—T15*. Реле своими контактами подключают коммутирующие напряжения к контактам *2* и *3* селектора СК-В-1. На контакты *2* и *3* подаются отрицательные напряжения и питание на преобразователь метровых волн, что соответствует первому поддиапазону.

Включение второго поддиапазона осуществляется транзистором *T15* и реле *P3*, третьего поддиапазона — двумя транзисторами *T14*, *T15* и реле *P2*, *P3*.

Напряжение выбора канала внутри поддиапазона снимается с движка резистора *R3* и через диод *Д1*, устраняющий взаимное влияние подстроечных резисторов, подается на варикапы селектора (контакт *8*). Подстроечные резисторы *R3* и (не показанные на схеме *R6*, *R9*, *R12*, *R15*) и *R18* подключены к общей шине сенсорного устройства через переменный резистор *R33*, которым и осуществляется подстройка селектора.

Схема блока питания сенсорного устройства приведена на рис. 3. Он состоит из двух выпрямителей на диодах *Д18*, *Д19* и *Д20*, *Д21*, включенных по схеме умножения напряжения. Напряжение первого выпрямителя (70 В) используется для питания неоновых ламп индикации номера канала. Напряжение второго выпрямителя делится цепочкой стабилитронов *Д22—Д26* на четыре номинала. Напряжение —12 В снимается непосредственно со стабилитрона *Д26*, остальные (+32 В, +27 В

и +12 В) — с выходов эмиттерных повторителей *T18*, *T16* и *T17*. Эмиттерные повторители позволяют значительно усилить максимальный ток стабилизации и, следовательно, повысить стабильность питающих напряжений.

В сенсорном устройстве нет деталей, к которым бы предъявлялись какие-то особые требования. Диоды и транзисторы могут быть заменены подобными им полупроводниковыми приборами, а конденсаторы и резисторы — близкими тем, которые указаны на схеме.

Роль трансформатора питания *Tp1* может выполнять выходной трансформатор кадровой развертки ТВК-110Л1, или какой-либо другой, две вторичные обмотки которого дают напряжение по 22—25 В. В случае применения трансформатора с выходным напряжением вторичных обмоток 45—50 В выпрямители должны быть мостовыми. Несмотря на то что на транзисторах *T16—T18*, работающих в стабилизаторах напряжения, рас-

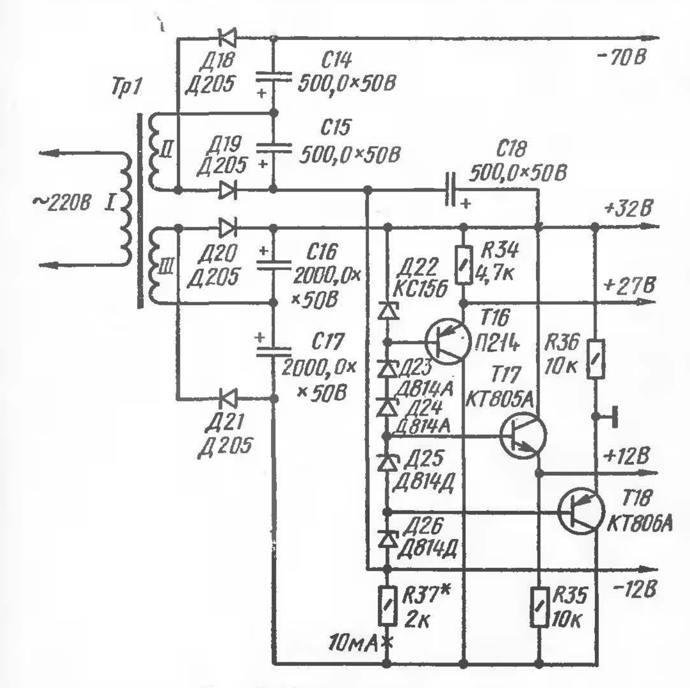


Рис. 3. Схема блока питания

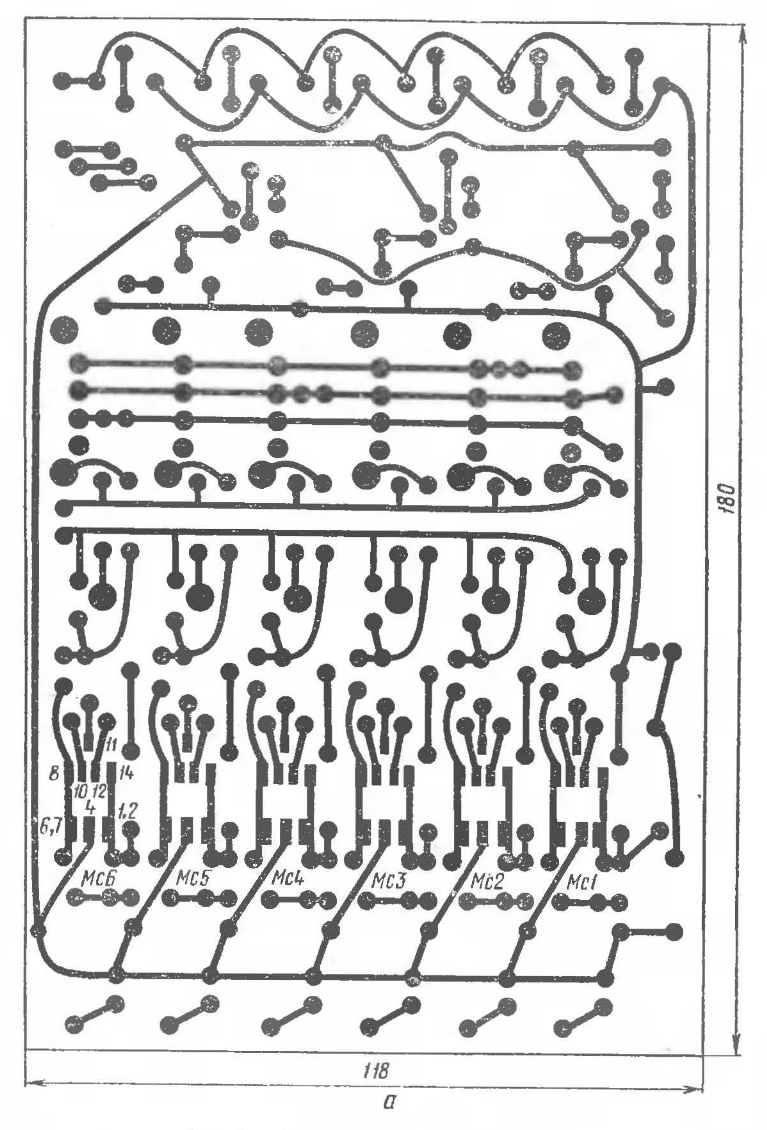


Рис. 4, а. Рисунок печатного монтажа

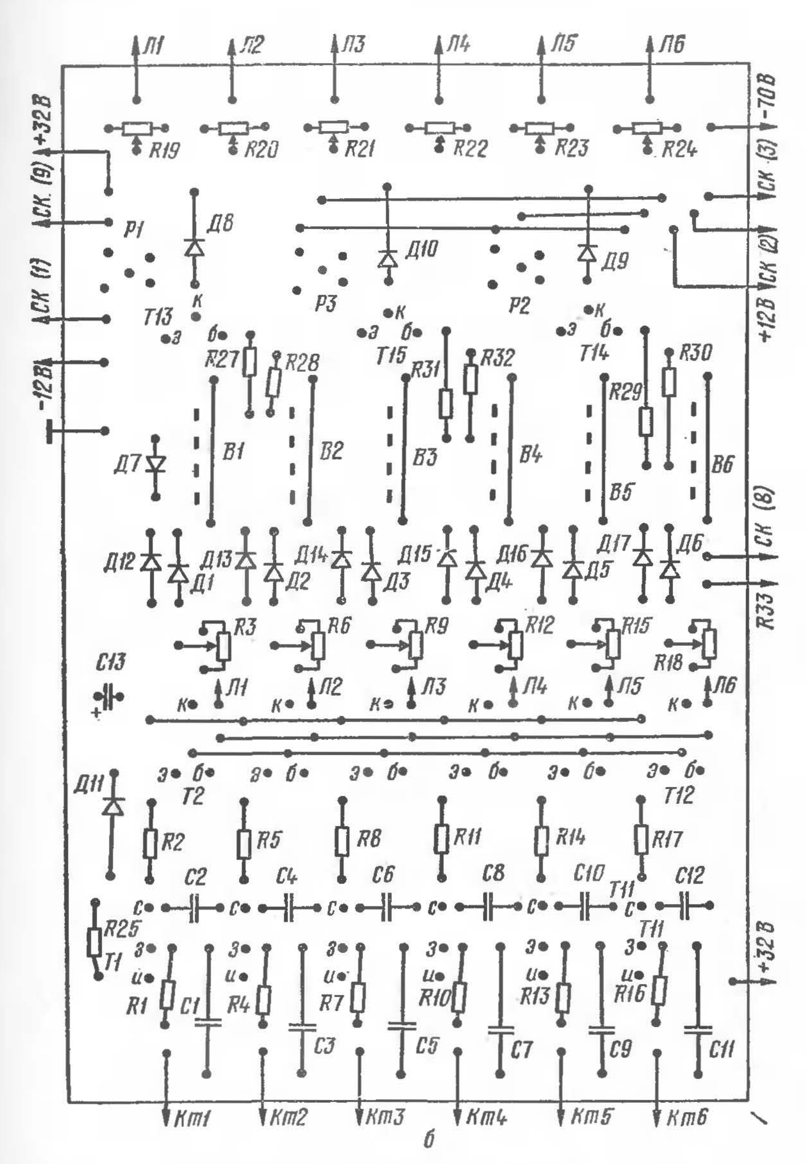


Рис. 4, б. Размещение деталей на монтажной плате сенсорного устройства

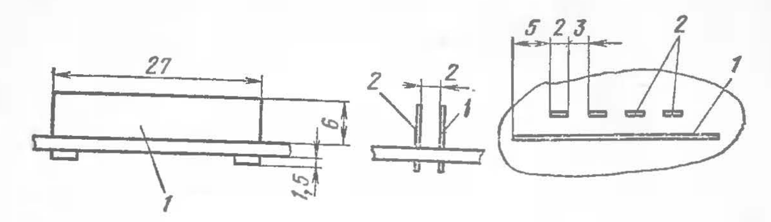


Рис. 5. Чертежи переключателей поддиапазонов

сеивается небольшая мощность, их все же рекомендуется устанавливать на теплоотводящие радиаторы. Особенно это касается транзистора *Т18*, так как к стабильности напряжения +32 В предъявляются особые требования, связанные со стабильностью частоты гетеродина селектора.

На рис. 4 показаны чертеж печатной платы сенсорного устройства и схема расположения элементов на ней. Микросхемы *МС1—МС6* размещают на печатной плате со стороны токонесущих проводников, что облегчает изготовление платы и установку микросхем на нее.

В сенсорном устройстве используются постоянные резисторы МЛТ-0,25. Переменные резисторы *R3, R6, R9, R12, R15* и *R18* — СПО-0,5 группы А, *R19—R24* — СПЗ-1б группы А. Все электролитические конденсаторы К50-6. Конденсаторы *C1, C3, C5, C7, C9, C11* типа МБМ, остальные керамические КЛС или КПМ. Переключатели *B1—B6* изготавливают в соответствии с чертежом, приведенным на рис. 5. Каждый из них состоит из полоски жести *1* (латуни, меди) длиной 27 мм и расположенных параллельно ей четырех лепестков *2* из такого же материала. Все это монтируется непосредственно на печатной плате. При установке необходимого поддиапазона между общей шиной переключателя и соответствующим лепестком вставляют перемычку из какого-либо проводящего материала. Так как переключатели *B1—B6* практически не используются при эксплуатации телевизора, такая их конструкция себя вполне оправдывает.

Электромагнитные реле *P1—P3* — РЭС-15, паспорт РС4.591.004 или РС4.591.001. Неоновые лампы индикации номера канала могут быть типов МН-3, МН-4, МН-6, МН-7.

Для обеспечения помехоустойчивости необходимо сенсоры соединять с устройством экранированными проводами.

Микросхемы К106ТР2 можно заменить на К106ТР2Б.

Налаживание сенсорного устройства сводится к установке начальных напряжений на лампах световой индикации переменными резисторами *R19—R24.* Делают это опытным путем: включая каждый из каналов, резистором добиваются, чтобы неоновая лампа зажигалась при включенном канале и гасла при его выключении.

Далее переключатели *B1—B6* устанавливают в положения выбранных диапазонов и резисторами *R3* (*R6, R9, R12, R15*), *R18* производят настройку на соответствующие каналы. Эту операцию надо проводить при среднем положении движка резистора *R33.*

В заключение необходимо отметить, что основным источником наводок на тело человека является трансформатор блока питания самого сенсорного устройства и телевизора. Величина наводок в значительной степени определяется тем, как первичные обмотки трансформаторов подключены к сети. В зависимости от того, с какими выводами обмотки соединены нулевой и фазовый провода сети, сенсорное устройство может работать или не работать. Надо так соединить первичные обмотки трансформаторов питания телевизора и сенсорного устройства, чтобы при любом включении штепсельной вилки телевизора в сеть устройство работало.

ВОСЬМИРАЗРЯДНЫЙ ДИСПЛЕЙ С ДИНАМИЧЕСКОЙ ИНДИКАЦИЕЙ

Б. Филиппов

Радиолюбители для своих измерительных лабораторий все чаще разрабатывают приборы с цифровым отображением информации. Каждый прибор требует построения индивидуальных устройств индикации, выполняемых хотя и по идентичным схемам, но с использованием большого числа дефицитных компонентов, что, как показал опыт, нецелесообразно по экономическим соображениям. Лучше иметь один дисплей с достаточным числом разрядов и при необходимости подключать к нему один или несколько измерительных приборов.

Схема предлагаемого восьмиразрядного дисплея с динамической индикацией показана на рис. 1. Он выполнен на люминесцентном индикаторе ИВ-21, микросхемах серии К155 и дешифраторе на микросхеме К161ПР2. Если в распоряжении радиолюбителя нет индикатора ИВ-21, дисплей может быть собран из восьми индикаторных ламп ИВ-3 или ИВ-6. В этом случае число разрядов может быть уменьшено по усмотрению радиолюбителя.

Особенностью описываемого дисплея является применение в нем всего двух дешифраторов и, кроме того, в каждый момент времени светится только один разряд индикатора, что увеличивает срок его службы.

Работой дисплея управляет тактовый генератор на микросхеме *МС1*, вырабатывающий импульсы с частотой следования около 12 кГц. Эти импульсы подаются на вход десятичного счетчика *(МС2)*, который вырабатывает тактирующий код 1—2—4—8, управляющий работой дешифратора *(МС3)* и мультиплексеров *(МС4—МС8)*.

Зажиганием цифр в индикаторе управляет дешифратор, выполненный на микросхеме К155ИД1 *(МС3)*. Его выходы соединены с базами транзисторных ключей *Т7—Т14*, нагруженных на управляющие сетки индикатора. При поступлении тактирующего кода 1—2—4—8 на входы дешифратора на одном из его выходов в каждый момент времени присутствует логический нуль, для микросхемы К155ИД1 уровень логического нуля составляет 1 В), который удерживает один из ключей в закрытом состоянии, остальные ключи в этот момент открыты. Напряжение на коллекторе закрытого транзистора ключа почти равно напряжению источника питания (+30 В) и, поданное на управляющую сетку соответствующего разряда индикатора, создает необходимые условия для его зажигания.

При смене состояния счетчика *МС2* управляющий импульс на выходе дешифратора *МС3* перемещается на другой выход, закрывает другой транзисторный ключ и зажигает цифру следующего разряда. При недостаточной яркости свечения цифр следует несколько уменьшить частоту тактового генератора, так как люминесцентные лампы обладают некоторой инерционностью и не успевают за время импульса достигнуть максимальной яркости. По этой же причине при динамической индикации обычно применяют несколько повышенное питающее напряжение.

Информация от измерительных приборов (в коде 1—2—4—8), подлежащая отображению на индикаторе, поступает к соответствующим входам мультиплексеров. Так, информация первого разряда подается на входы мультиплексеров, обозначенные на схеме цифрами *11, 12, 14, 18,* второго разряда на входы *21, 22, 24, 28* и т. д., восьмого — на *81, 82, 84, 88* входы. Положение запятой определяется подачей логического нуля на входы *1—8* мультиплексера *МС8*.

На входы A_1, A_2, A_3 мультиплексеров подается тактирующий код 1—2—4 от десятичного счетчика, выполненного на микросхеме *МС2*. При этом мультиплексер подключает к выходу инвертированный сигнал с одного из восьми входов, номер которого соответствует десятичному эквиваленту тактирующего кода 1—2—4.

Так мультиплексеры работают при подаче на их стробирующие входы *S* логического нуля.

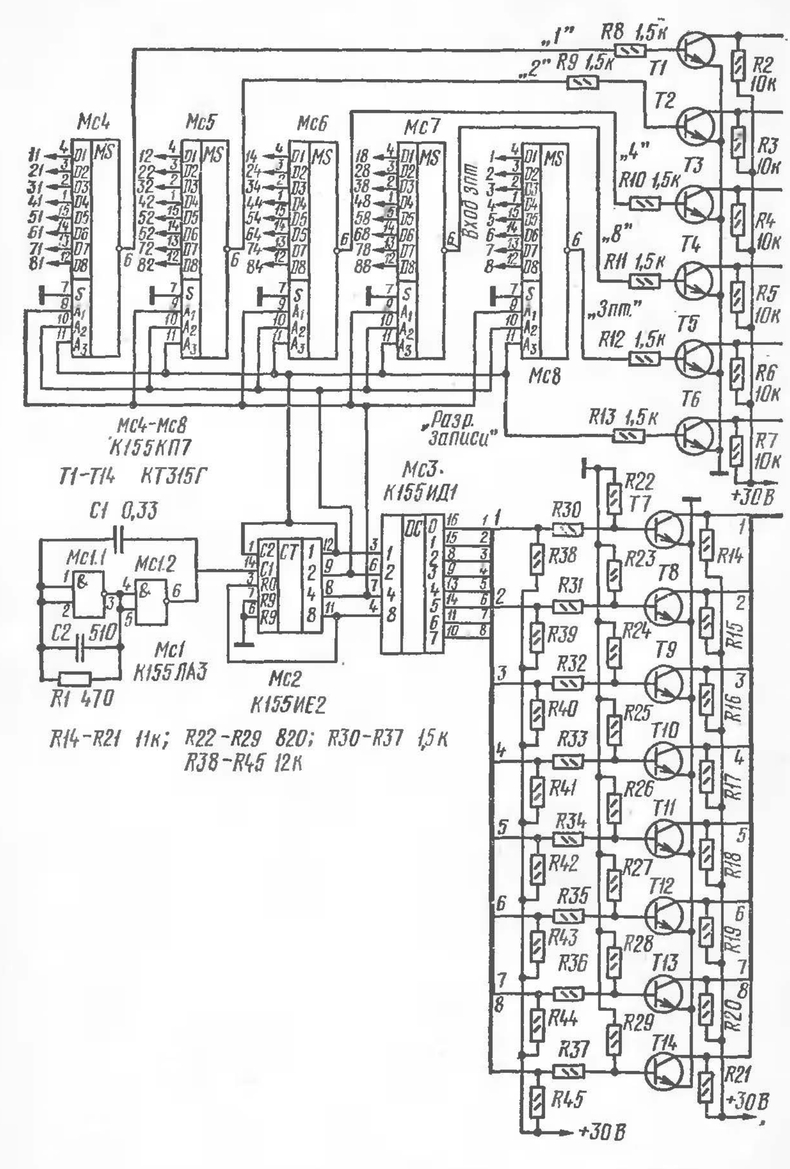
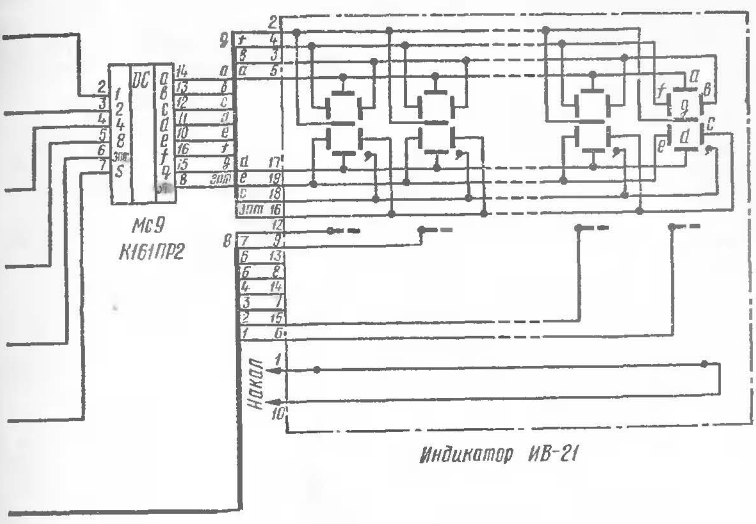


Рис. 1. **Принципиальная схема дисплея с динамической индикацией**



Продолжение рис. 1.

Выходы мультиплексеров через транзисторные ключи, служащие для согласования логических уровней микросхем разных серий, подключены ко входам *1, 2, 4, 8* семисегментного дешифратора на микросхеме К161ПР2 (*МС9*). Его выходы соединены с соответствующими сегментами индикатора, и в зависимости от двоичного кода, сигнал которого поступает на данный разряд в текущий момент времени, на индикаторе загорается соответствующая цифра. При поступлении следующего тактового импульса мультиплексеры подключают ко входам дешифратора *МС9* выводы *1—2—4—8* другого разряда, а дешифратор *МС3* создаст условия для зажигания следующего разряда индикатора.

Дешифратор К161ПР2 имеет в своей структуре оперативную память, которая в дисплее не используется, и для того чтобы информация на индикаторе постоянно обновлялась, на вход *S* разрешения записи дешифратора *МС9* через транзисторный ключ должны подаваться импульсы с частотой, примерно равной частоте переключения разрядов индикатора. Этому условию отвечает тактирующий вывод *1* счетчика *МС2*. Можно использовать и непосредственно выход тактового генератора.

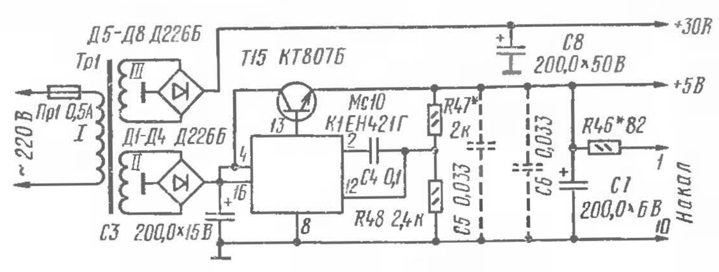


Рис. 2. Схема блока питания

Семисегментный дешифратор К161ПР2 может быть заменен дешифратором, построенным на логических элементах микросхем серии К155. Схемы таких дешифраторов неоднократно публиковались в журнале «Радио» (см., например, статью «Устройство формирования цифр». «Радио», 1977, № 5, с. 17). В этом случае входы дешифратора следует подключить непосредственно к выходам мультиплексеров, а выходы дешифратора через транзисторные ключи нагружать на сегменты индикатора.

Налаживание следует начинать с блока питания (рис. 2), схема которого с незначительными изменениями заимствована из статьи Р. Майзульса «Электронные часы на микросхемах», опубликованной в выпуске № 59 «В помощь радиолюбителю». Трансформатор *Тр1* выполнен на магнитопроводе ШЛ 16×16. Обмотка *I* содержит 2860 витков провода ПЭВ-1 0,15, обмотка *II* — 120 витков провода ПЭВ-1 0,56, обмотка *III* — 300 витков провода ПЭВ-1 0,15. Для питания микросхем *МС1*—*МС8* используется стабилизированный выпрямитель, построенный на микросхеме *МС10* серии К1ЕН421Г, с выходным транзистором для увеличения тока стабилизации. Точно напряжение +5 В устанавливают подбором резистора *R47*. Конденсаторы *С5* и *С6*, показанные на схеме штриховыми линиями, предназначенные для подавления импульсных помех в шине питания +5 В, монтируют на печатной плате самого устройства.

Напряжение +30 В для питания транзисторных ключей и микросхемы *МС9* получается от обмотки *III* трансформатора *Тр1* после выпрямления диодами *Д5*—*Д8* и сглаживания пульсаций напряжения конденсатором *С8*.

Для питания нити накала индикатора ИВ-21 используется стабилизированное напряжение +5 В через гасящий резистор *R46*. Подбором этого резистора добиваются, чтобы ток накала индикатора составлял 35 мА при напряжении 2,4 В.

Правильно собранное устройство сразу начинает работать после включения питания и не требует наладки. Следует лишь отметить, что на все входы неиспользованных разрядов мультиплексеров *МС4*—*МС8* нужно подать потенциал логического нуля для исключения нечеткой работы мультиплексеров.

Элементы дисплея монтируют на печатной плате из двустороннего фольгированного стеклотекстолита размерами 185×45 мм с шагом 2,5 мм. Все конденсаторы типа КМ, резисторы МЛТ-0,125. Резисторы устанавливают на плате вертикально для экономии места. Индикатор ИВ-21 монтируют на плате таких же размеров и жгутом соединяют с основной платой. Сверху индикатор закрывают темным стеклом дымчатого цвета.

Конструктивное оформление дисплея в статье не рассматривается, так как оно зависит от его непосредственного применения. Он может быть выполнен законченным блоком с возможностью подключения на входы мультиплексеров различной информации или как часть конструкции какого-либо прибора или устройства, скажем, в трансивере (автор применяет дисплей для проверки и макетирования различных цифровых устройств).

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ЧАСЫ

Н. Назаров

Электронные часы (рис. 1) выполнены на микросхемах серии К155. Несложные дополнения позволяют использовать их в качестве будильника, секундомера, таймера. Установка режима работы осуществляется шестикнопочным переключателем с фиксацией. Введение корректирующего контура позволяет повысить точность при использовании кварцевого резонатора невысокого класса точности. Погрешность составляет 30 с в год.

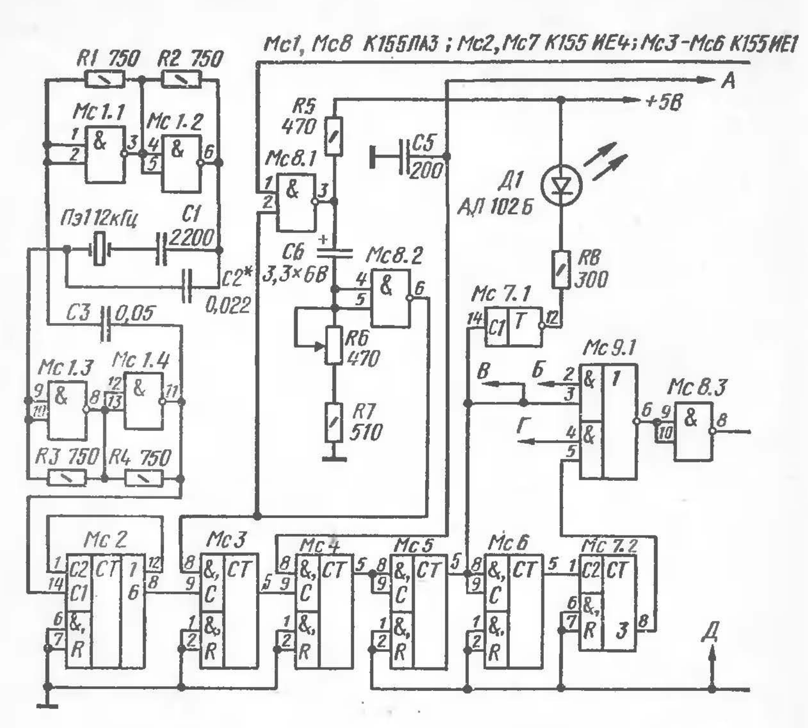
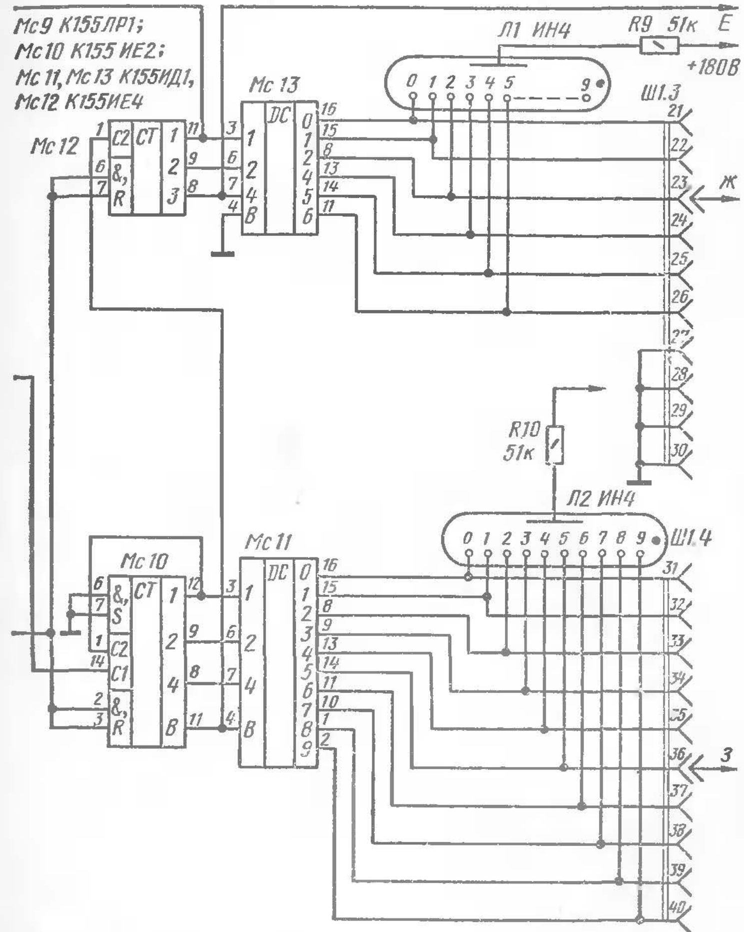


Рис. 1. Схема генератора, делителя частоты и блока индикации минут

Индикация времени — с помощью четырех ламп ИН4. Мощность, потребляемая от сети, менее 5 Вт.

Генератор, выполненный на микросхеме *МС1*, вырабатывает импульсы частотой 12 кГц, которые делятся на 12 микросхемой *МС2*, а затем еще на 1000 микросхемами *МС3—МС5*. Микросхемы К155ИЕ1 (*МС3—МС5*) для экономии места можно монтировать одну на другую «этажеркой».

С выхода микросхемы *МС5* импульсы частотой 1 Гц поступают на вход счетного триггера *МС7.1*, а с его выхода через балластный резистор *R8* на светодиод *Д1*. Этот светодиод, вынесенный на переднюю панель между цифровыми лампами часов и минут, подсвечивается с частотой 0,5 Гц. Импульсы частотой 1 Гц поступают также на делитель на 60, выполненный на микросхеме *МС6* и элементе *МС7.2*.



Продолжение рис. 1

Рассмотрим работу устройства в режиме «*Часы*». Импульсы с периодом 1 мин с выхода *8* микросхемы *МС7* через ключевое устройство, выполненное на элементе *МС9.1* (на входе *4* разрешающий уровень, поступающий с нормально замкнутых контактов переключателя *В1.6*), и инвертор *МС8.3* подаются на вход счетчика *МС10*.

Применение инвертора *МС8.3* обусловлено тем, что элемент *МС9.1* инвертирует сигнал, и без элемента *МС8.3* счетчик *МС10* будет срабатывать от заднего фронта импульса, т. е. с задержкой на длительность импульса.

Счетчик выполнен на микросхеме К155ИЕ2, имеющей коэффициент пересчета *10* (при соединении, как показано на рис. 1).

Веса и состояния выходов микросхемы К155ИЕ2 при поступлении на вход импульсов приведены в табл. 1. Веса выходов этой микросхемы полностью соответствуют весам входов дешифратора, выполненного на микросхеме К155ИД1.

Таблица 1

Вывод микросхемы К155ИЕ2	12	9	8	11
Вес выходного разряда	1	2	4	8
Номер импульса на входе	Состояние выходов			
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	1	1	1	0
8	0	0	0	1
9	1	0	0	1

Подключение к выходам *МС11* цифровой лампы ИН4 *(Л2)* дает индикацию единиц минут.

С выхода *11* микросхемы *МС10* импульсы с периодом 10 мин поступают на вход счетчика, выполненного на микросхеме К155ИЕ4 (МС 12), имеющей коэффициент пересчета 6 (при включении по схеме рис. 1). Табл. 2 характеризует состояние и веса выходов микросхемы при поступлении на вход импульсов.

Веса выходов микросхемы *МС12* и входов микросхемы *МС13* не соответствуют, поэтому поступление на вход *7 МС13* единичного уровня означает выборку цифры 3 и с ее выхода *13*, который будет выбран, нулевой уровень должен быть подан на катод лампы *Л1*, подсвечивающий цифру 3. Аналогичное смещение должно быть произведено для последующих выходов *МС13*.

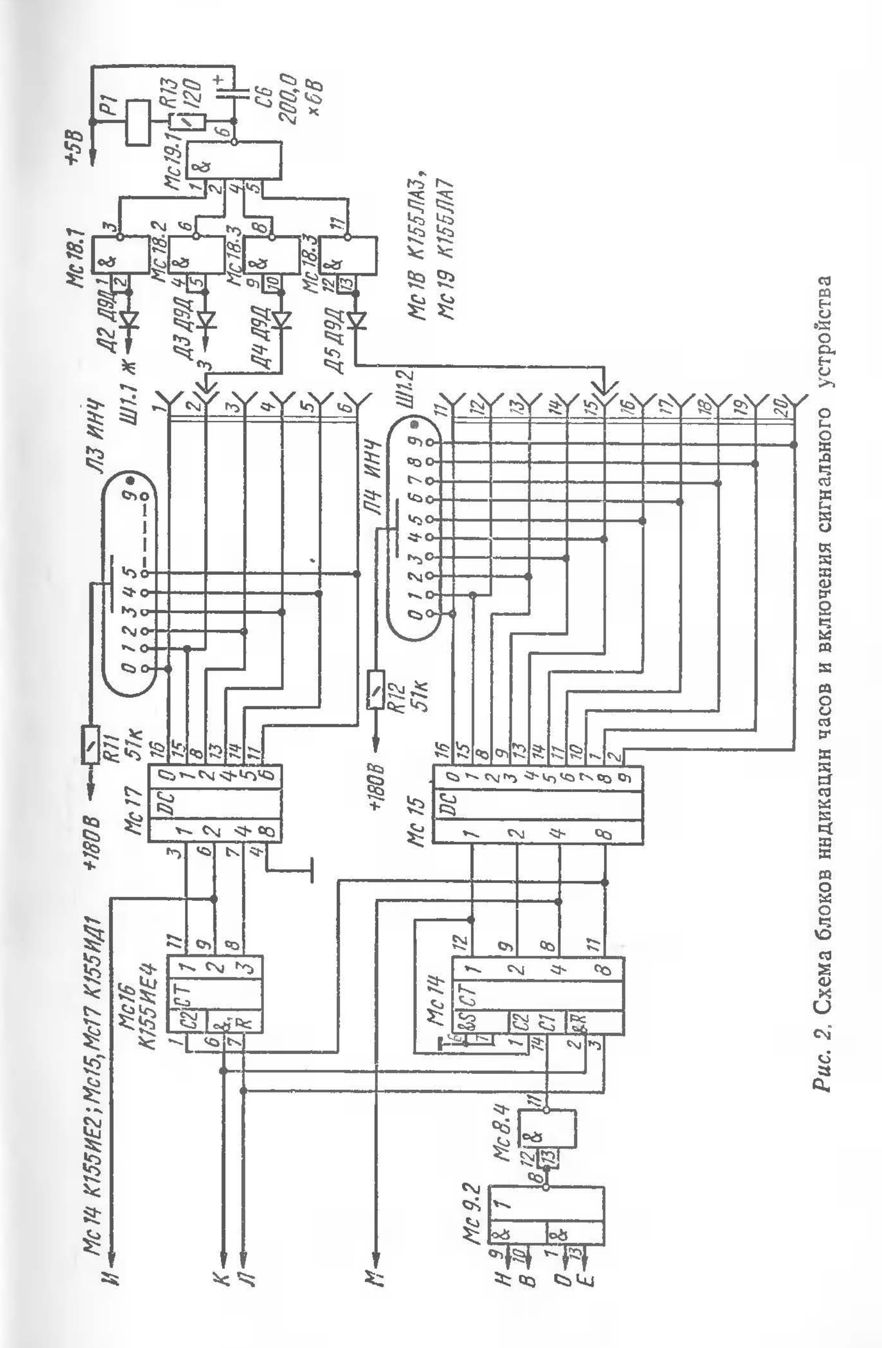


Рис. 2. Схема блоков индикации часов и включения сигнального устройства

Таблица 2

Вывод микросхемы К155ИЕ4	11	9	8
Вес выходного разряда	1	2	3
Номер импульса на входе	Состояние выходов		
0	0	0	0
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	1	0	1
5	0	1	1

Незадействованный вход этой микросхемы соединяют с общей шиной. На лампе *Л1* индицируются десятки минут.

С выхода *8* микросхемы *МС12* импульсы с периодом 10 мин поступают на вход *13* элемента *МС9.2* (рис. 2).

На входе *1* элемента *МС9.2* — разрешающий уровень, поступающий с контактов переключателя *В1.3*.

Устройство, схема которого изображена на рис. 2, предназначено для счета и индикации единиц и десятков часов. Его работа аналогична работе блока по схеме рис. 1, за исключением необходимости очистки при достижении 24 часов. Это реализуется подачей через нормально замкнутые контакты переключателя *В1.6* сигналов с выходов *9* микросхемы *МС16* (вес 2) и *8* микросхемы *МС14* (вес 4) на входы очистки *6, 7* микросхемы *МС16* и *2, 3* микросхемы *МС14*. При пуске часов установку разрядов единиц и десятков часов производят переключателем *В1.3*. При этом на вход *9* элемента *МС9.2* поступает разрешающий уровень, на вход *1* — запрещающий, и импульсы частотой 1 Гц проходят на вход счетчика единиц часов. По достижении нужного значения часов переключатель *В1.3* отпускают.

В рассмотренном режиме «Часы» все клавиши переключателя *В1* (рис. 3) отжаты. При нажатии кнопки переключателя *В1.6* устройство переходит на режим работы *«Секундомер»*. В этом случае на вход *14* счетчика *МС10* через ключевую ячейку *МС9.1* проходят импульсы с периодом 1 с. Соответственно на цифровых лампах индицируются единицы и десятки секунд, единицы и десятки минут. Очистка двух старших десятичных разрядов при индикации числа 24 блокируется, и очистка показаний

секундомера происходит через каждые 60 мин. Переключателем *В1.5* останавливают секундомер без сброса показаний. Это достигается подачей нулевого уровня на вход *8* микросхемы *МС4*. Нажатие кнопки переключателя *В1.4* переводит в нулевое состояние счетчики на микросхемах *МС5—МС7, МС10, МС12, МС14, МС16*, т. е. все четыре индицируемые цифры и три предварительных счетчика. Отпусканием переключателя *В1.4* производят пуск секундомера.

В режиме *«Часы»* при нажатии кнопки *В1.4* очистка счетчиков *МС14, МС16* не происходит, и показания часов, выставленные переключателем *В1.3*, не сбрасываются. Это происходит потому, что при отжатом переключателе *В1.6* вход *2* очистки счетчика *МС14* и вход *6* очистки счетчика *МС16* отключаются от переключателя *В1.4*. Пуск часов в этом режиме производят отжатием переключателя *В1.4* по началу шестого сигнала точного времени.

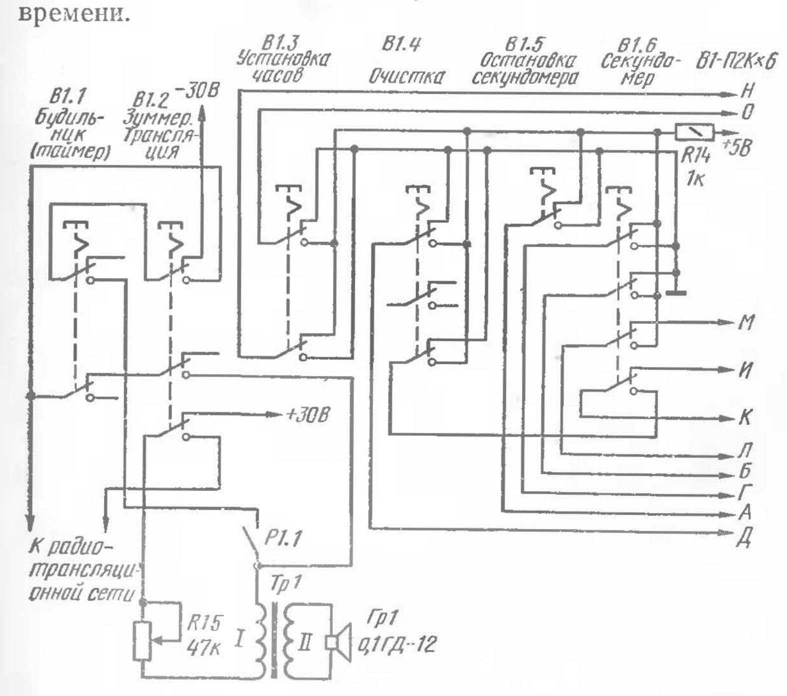


Рис. 3. Схема блока управления и сигнального устройства (буквы *Н* и *О* поменять местами).

Кварцевые резонаторы, например 1Г-19НА 12 кГц-Б3, зачастую имеют стабильность частоты почти на порядок более высокую, чем точность. Компенсация точности с помощью регулировки генератора на частотах около 10 кГц затруднена. В данном случае для корректировки применен ждущий мультивибратор, выполненный на элементах *МС8.1* и *МС8.2* (см. рис. 1). Он запускается при переходе счетчика минут в нулевое состояние и посылает нулевой импульс на вход *8* микросхемы *МС3*, тем самым запрещая на время действия данного импульса прохождение импульсов от генератора. Длительность импульса, регулируемая переменным резистором *R6*, может составлять 300 мс. Таким образом, есть возможность ступенчатой регулировки — подключением входа ждущего мультивибратора к различным выходам счетчиков *МС10, МС12, МС14, МС16* и плавной регулировки импульса резистором *R6*.

С выходов дешифраторов *МС11, МС13, МС15* и *МС17* сигналы выведены на наборное поле, выполненное на разъеме *Ш1*. Снимают сигналы с разъема четырьмя однополюсными штепселями. Так, например, для включения будильника в 14 ч 25 мин на 1 минуту штепсели соединяют с гнездами *2, 15, 23, 36* разъема, для включения в 19 ч и 10 мин на 10 минут — с гнездами *2, 20, 22, 27* и т. д. Так как у используемого разъема РП10-42Г контакты расположены в четыре ряда и каждый ряд предназначен для набора одной из цифр, то коммутация не представляет трудностей.

От разъема *Ш1* сигналы через диоды *Д2—Д5* (см. рис. 2) поступают на инверторы, выполненные на микросхеме К155ЛА3 (*МС18*). Диоды *Д2—Д5* защищают микросхему К155ЛА7 (*МС19*) от бросков напряжения, поступающего с микросхем К155ИД1, которые могут достигать 20 В.

При поступлении нулевого уровня с закоммутированного выхода микросхемы К155ИД1 нулевой уровень поступает через разъем *Ш1* и диод на вход инвертора *МС18*. При поступлении нулевого уровня со всех закоммутированных выходов микросхем *МС11, МС13, МС15, МС17* на всех входах элемента *МС19.1* будут единичные уровни, на выходе — нулевой уровень, при этом электромагнитное реле *Р1* срабатывает. Большая емкость конденсатора *С8* обусловлена тем, что с микросхем

К155ИД1 возможно прохождение коротких импульсов неполной выборки, от которых может сработать реле. При нажатой кнопке переключателя *В1.1* срабатывание реле означает подключение через его нормально разомкнутые контакты *Р1.1* к обмотке *I* трансформатора *Тр1* (см. рис. 3) пульсирующего напряжения 30 В зуммера (при отжатом переключателе *В1.2*) или радиотрансляционной сети (при нажатом *В1.2*). В любом случае регулировка громкости осуществляется переменным резистором *R15*.

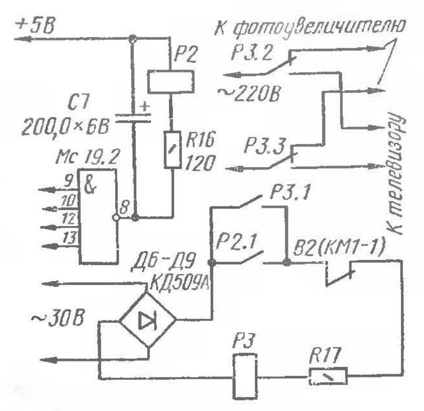


Рис. 4. Схема силового блока

Трансформатор *Тр1* сигнального устройства — унифицированный выходной трансформатор малогабаритного транзисторного радиоприемника (отвод в первичной обмотке не используется).

Возможно прослушивание программ радиотрансляционной сети, минуя блок будильника. Для этого следует отжать переключатель *В1.1* и нажать переключатель *В1.2*.

При работе в режиме «Секундомер» реализация таймера (включение зуммера или радиотрансляционной сети по истечении заданного промежутка времени) происходит так же, как в режиме будильника.

При желании управлять приборами, подключаемыми к сети (включение телевизора в определенное время или отключение фотоувеличителя при фотопечати), устройство следует дополнить силовым блоком, схема которого приведена на рис. 4. На входы элемента *МС19.2* подаются сигналы с выходов микросхемы *МС18*. При срабатывании электромагнитного реле *Р2* оно контактами *Р2.1* подключает к источнику напряжения 30 В силовое реле *Р3*. Срабатывая, реле *Р3* контактами *Р3.1* самоблокируется. Отключение силового реле производят выключателем *В2*. Контакты *Р3.2* и *Р3.3*, работающие

на переключение, позволяют через определенный промежуток времени подключать к сети или, наоборот, отключать от нее то или иное устройство от сети.

Электромагнитные реле *Р1* и *Р2* — РЭС-55А (паспорт РС4.569.605), *Р3* — РЭС-9 (паспорт РС4.524.200).

Блок питания, схема которого приведена на рис. 5, *а*, обеспечивает четыре напряжения: однополупериодное пульсирующее 180 В, используемое для питания анодов цифровых ламп, переменное 30 В, однополупериодное пульсирующее 30 В (питание зуммера) и стабилизированное +5 В ± 0,5 В (питание микросхем и реле).

Переменное напряжение 30 В подается на выпрямительный мост *Д6—Д9* (см. рис. 4) блока управления.

Детали стабилизатора напряжения 5 В смонтированы на печатной плате (рис. 5, *б*). Транзистор *Т1* установлен на плате без теплоотводящего радиатора.

Трансформатор питания *Тр2* выполнен на магнитопроводе Ш16×20. Обмотка *I* содержит 3000 витков провода ПЭВ-1 0,1, обмотка *II* — 410 витков провода ПЭВ-1 0,1, обмотка *III* — 2400 витков провода ПЭВ-1 0,1, обмотка *IV* — 110 витков провода ПЭВ-1 0,41.

Конструктивно часы выполнены в виде прямоугольного блока (рис. 6) с индикацией на передней панели. Корпус оклеен декоративной поливинилхлоридной пленкой.

Логическая часть часов, т. е. все элементы, указанные на схемах рис. 1 и 2, кроме индикаторов *Л1—Л4* и разъема *Ш1*, смонтированы на плате *4* (рис. 7), выполненной из фольгированного стеклотекстолита с площадками для монтажа микросхем и разведенными шинами питания. Межэлементный монтаж желательно выполнять проводом МГТФ 0,14. Двумя винтами плату крепят к дну *7*, выпиленному из фанеры толщиной 10 мм. В дне просверлены отверстия для вентиляции. К нему же с помощью алюминиевых уголков и винтов крепят вертикально платы *2, 3, 5* и *6* из листового текстолита (на рис. 7 платы повернуты на 90°). К плате *2* приклеен прямоугольник из пенопласта, в отверстия которого вставлены лампы *Л1—Л4* и светодиод *Д1*. Перед ними в плате вырезаны отверстия. На плате *3* смонтирован блок питания. Плата стабилизатора напряжения укреплена на алюминиевых уголках консольно. На плате *5* укреплены трансформатор *Тр2*, динамическая головка

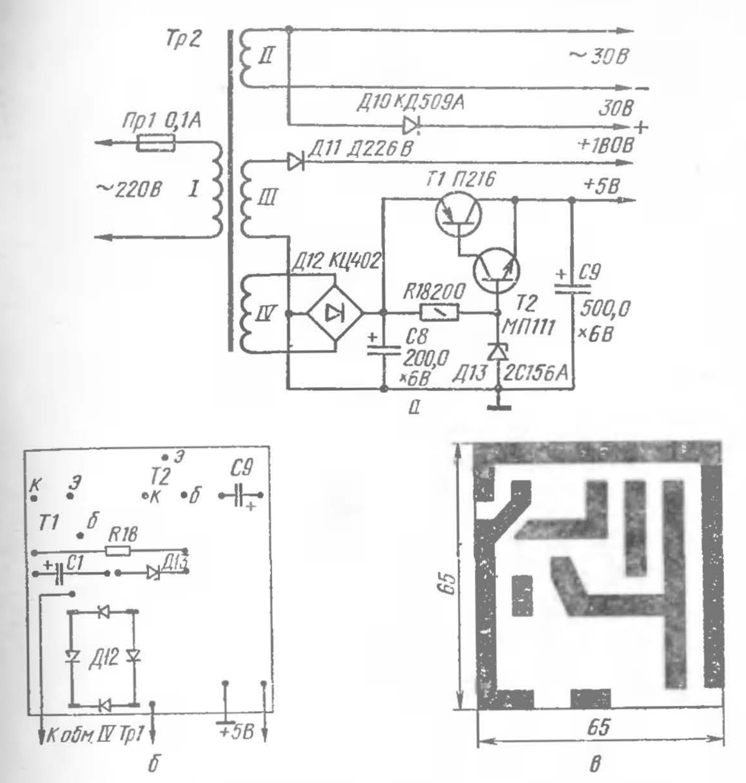


Рис. 5. Схема (*а*) и плата (*б, в*) блока питания электронных часов

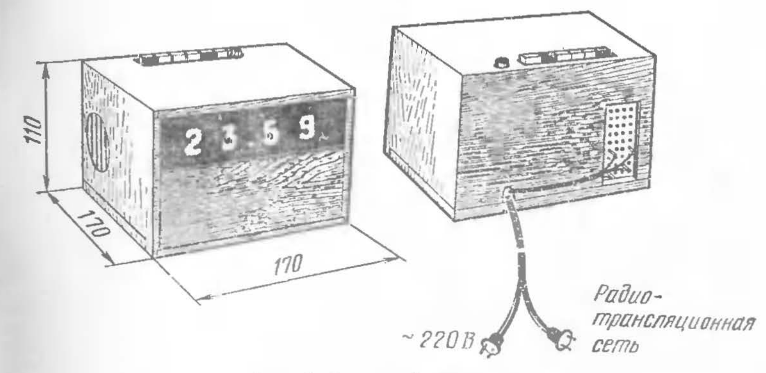


Рис. 6. Внешний вид часов

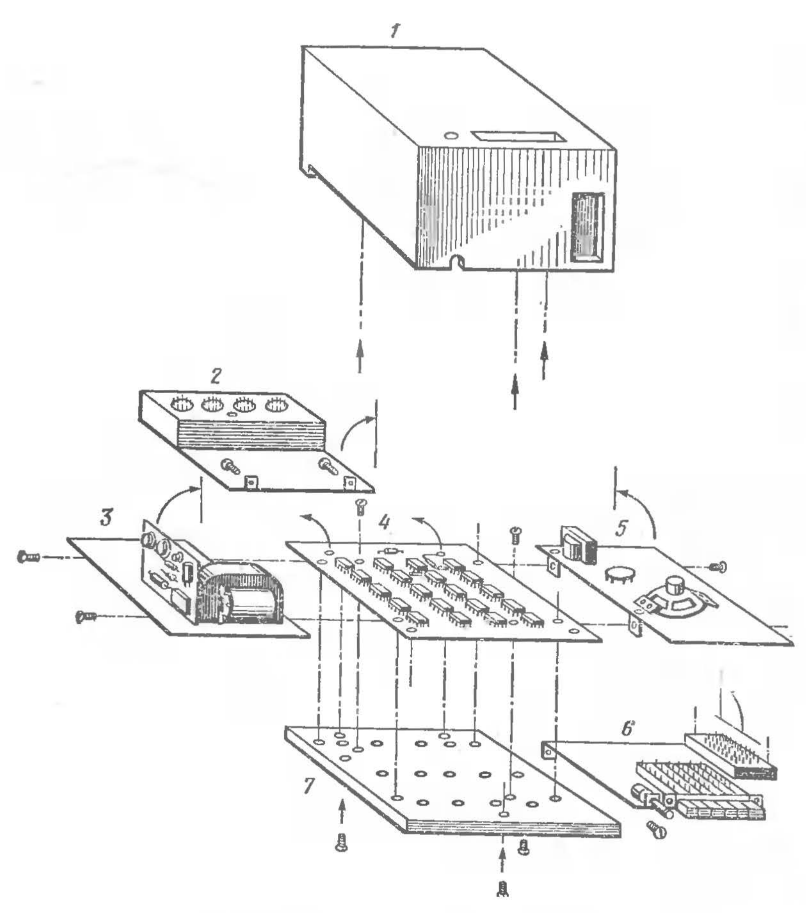


Рис. 7. Конструкция универсальных электронных часов

Гр1 и реле *Р1*. Перед головкой *Гр1* в плате пропилены отверстия. На плате *6* установлены разъем *Ш1*, кнопочный переключатель *В1*, резистор *R15*. Против разъема *Ш1* в плате сделано прямоугольное отверстие.

Передняя стенка корпуса (см. рис. 7 поз. *1*) изготовлена из органического стекла серого цвета толщиной 4 мм. Остальные стенки корпуса сделаны из фанеры толщиной 6 мм. В корпус снизу запрессованы три стальные втулки, в которые входят винты М2,5, соединяющие

дно и корпус. Для подвода сетевого питания и радиотрансляционной сети, а также для подвода питания к анодам ламп *Л1—Л4* и к плате *4* использован провод МГШВ 0,35. Жгуты монтажных проводов на платах закреплены хомутами. Для подачи сигналов на контактные ножки ламп *Л1—Л4* использованы одиночные гнезда разобранного разъема.

Налаживание электронных часов начинают с генератора, используя при этом регулируемый источник питания, вольтметр, осциллограф и частотомер.

Надо сказать, что генератор на частоту импульсов 12 кГц достаточно сложен в настройке и регулировке. Поэтому по возможности следует использовать резонаторы на более высокие частоты (единицы мегагерц), с соответствующим изменением последующего делителя частоты. В этом случае можно не использовать корректирующий контур, так как генераторы на высокие частоты легко регулируются с помощью конденсатора переменной емкости, включаемого последовательно с резонатором. При настройке генератора можно подбирать конденсатор *С2* и подключать параллельно ему переменный резистор сопротивлением около 10 кОм.

Налаженный генератор должен устойчиво работать при изменении питающего напряжения от 4 до 6 В.

Остальную часть часов можно настраивать, используя вольтметр (для определения наличия высокого или низкого уровня) и любой пробник, индицирующий наличие импульсов. Можно также использовать микросхему К155ТВ1 или К155ТМ2, включенную в режиме счета. Подавая на ее вход проверяемый сигнал, по неполной подсветке светодиода, подключенного к выходу микросхемы, определяют наличие импульсов.

Электронная часть часов имеет ярко выраженный последовательный вид. Поэтому при настройке следует последовательно проверять прохождение импульсов через делители и счетчики в порядке снижения частоты. Сигналы с переключателя *В1* имитируются подключением соответствующих входов микросхем к общей шине (низкий уровень) или через резистор сопротивлением 1 кОм к шине +5 В (высокий уровень).

После проверки прохождения импульсов до микросхемы *МС16* следует подключить дешифраторы *МС11*, *МС13*, *МС15*, *МС17* и лампы *Л1—Л4*. Проверку пра-

вильности их работы удобнее вести в режиме секундомера, произведя необходимые перекоммутации на плате.

Далее налаживают блок включения сигнального устройства. При этом, возможно, потребуется подобрать конденсатор *C6*, чтобы добиться устойчивой работы.

Вместо реле РЭС-55А *(P1)* можно использовать реле на напряжение до 30 В, но на ток срабатывания не более 20 мА, например РЭС-60 (паспорт РС4.569.438), так как микросхемы К155ЛА7 по выходу могут коммутировать напряжение до 30 В. В таком случае потребуется источник напряжением 30 В и объединение общих шин источников 5 В и 30 В.

Затем производят подключение переключателя *B1* и остальных устройств и монтируют часы в корпусе.

После окончательной сборки часов желательно установить минимальное напряжение источника питания микросхем, при котором еще обеспечивается их устойчивая работа. За счет снижения напряжения питания микросхем до нижнего предела (4,5 В) будет существенно увеличена продолжительность их безотказной работы. Срок службы ламп ИН повысится, если уменьшить потребляемый ими ток путем увеличения сопротивления балластных резисторов *R9—R12*.

ФОТОЛЮБИТЕЛЯМ

ФОТОЭКСПОЗИМЕТР И РЕЛЕ ВЫДЕРЖКИ ВРЕМЕНИ

А. Чурбаков

В последнее время промышленностью выпущен ряд фотоэкспозиметров, с помощью которых фотолюбителю представляется возможность относительно точно определить требуемое время экспозиции для каждого негатива в пределах от 1 до 100 с, а также определить номер фотобумаги, необходимой для получения отпечатка с максимальной передачей всех деталей изображения. В таких экспозиметрах весь диапазон выдержек разбит на два поддиапазона (от 1 до 10 с и от 10 до 100 с), что не совсем удобно при работе. Кроме того, номер фотобумаги приходится определять по переводной таблице, что также неудобно.

Можно смонтировать сравнительно простой фотоэкспозиметр с логарифмической двойной шкалой — шкалой времени экспозиции и шкалой номеров фотобумаги. Принципиальная схема такого экспозиметра показана на рис. 1, а шкала его измерительного прибора — на рис. 2.

Фоторезистор *R1* включен (через резистор *R2*) последовательно с цепочкой диодов *Д2—Д4*, вольтамперная характеристика которых на начальном участке имеет логарифмический характер, т. е. напряжение на диодах пропорционально логарифму силы тока, протекающего через них. Это напряжение через транзистор *T3*, включенный эмиттерным повторителем, подается на измерительный прибор *ИП1* — микроамперметр типа М906 с пределом измерения 300 мкА. Последовательно с прибором включен резистор *R5*, подбором которого подстраивают чувствительность экспозиметра. Другим выводом микроамперметр подключен к эмиттеру *p—n—p* транзистора *T4*, также включенного эмиттерным повторителем. Его входное напряжение регулируют перемен-

ным резистором *R9* при выборе рабочей точки фотоэкспозиметра.

Параметрический стабилизатор напряжения, питающий экспозиметр, собран на транзисторах *Т1, Т2* и стабилитроне *Д1*.

Настройку фотоэкспозиметра начинают с регулировки его чувствительности, для чего на фоторезисторе *R1* создают некоторую освещенность (порядка 5—10 лк). Для точной настройки желательно иметь фоторезистор с известной люкс-омической характеристикой. Однако можно руководствоваться следующей типичной люксомической характеристикой фоторезистора ФПФ9-2 с $\gamma \approx 0{,}56$.

$R_ф$, кОм	86,6	61,9	38,2	24,5	16	10,4	6,19	4,19	2,82	1,65	1,18	0,81
E, лк	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200

Диафрагмой объектива фотоувеличителя надо создать на фоторезисторе такую освещенность, чтобы его сопротивление было равно 3—8 кОм.

Переменным резистором *R9* «*Установка*» стрелку микроамперметра устанавливают на среднюю отметку шкалы и диафрагмой объектива изменяют освещенность в два раза. Например, из положения 5,6 диафрагму переводят в положение 8. Требуемое приращение тока микроамперметра устанавливают подбором резистора *R5*.

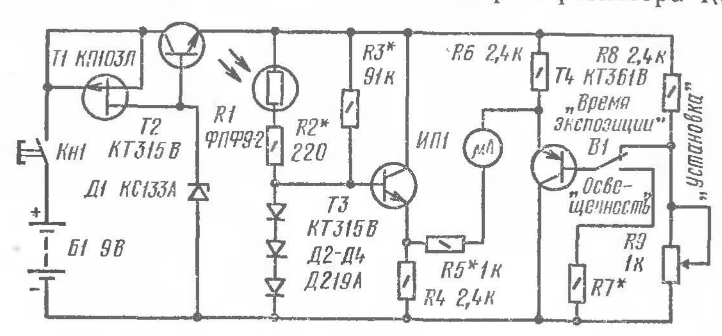


Рис. 1. Принципиальная схема экспозиметра

В данном конкретном случае приращение напряжения на трех логарифмирующих диодах, включенных для повышения чувствительности, составляет порядка 45 мВ на ступень, и при сопротивлении резистора *R5* около 1 кОм приращение тока составляет 25 мкА на ступень, т. е. вся шкала фотоэкспозиметра охватывает двенадцать ступеней, что соответствует диапазону освещенностей от 0,1 до 200 лк (в 2000 раз). Кратность изменения освещенности в кадре негатива на практике не превышает 100, а фотобумага с максимальной фотографической широтой позволяет воспроизводить кратность освещенностей не более 80.

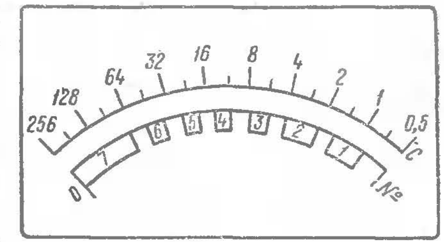


Рис. 2. Шкала измерительного прибора экспозиметра

Затем подбирают резисторы *R2* и *R3*. Сущность подбора этих резисторов можно понять, рассматривая характеристики фотоэкспозиметра, приведенные на рис. 3. Здесь штриховой линией показана характеристика фотоэкспозиметра без резисторов *R2* и *R3*, а сплошной — с этими резисторами. Видно, что по краям диапазона освещенностей характеристика нелинейна. Резистор *R3*, подключенный параллельно фоторезистору, спрямляет характеристику при низких освещенностях, а резистор *R2*, включенный последовательно с фоторезистором, спрямляет ее при высоких освещенностях. Подбор резисторов осуществляется независимо друг от друга.

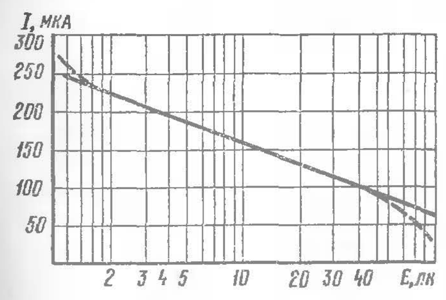


Рис. 3. Характеристики фотоэкспозиметра

Можно обойтись и без резисторов *R2* и *R3*, потому что линейный участок характеристики охватывает диапазон освещенностей от 1 до 100 лк, вполне перекрывающий кратность освещенностей кадра негатива. Достаточно диафрагмирова-

нием или подбором мощности лампы фотоувеличителя обеспечить минимальную освещенность 1—2 лк.

После градуировки шкалы измерительного прибора в значениях времени экспозиции и в номерах фотобумаги (см. рис. 2) фотоэкспозиметр готов к работе.

При наличии образцового источника света на шкалу прибора можно нанести еще логарифмическую шкалу освещенностей, что позволит использовать экспозиметр в качестве люксметра. Но люксметр измеряет абсолютные значения освещенности, а не приращения, как это делает фотоэкспозиметр, поэтому необходимо ввести постоянную нулевую точку отсчета. Для этой цели в фотоэкспозиметр введены переключатель *В1* и резистор *R7*, номинал которого подбирают следующим образом. На фоторезисторе создают известную освещенность, например 2 лк, и подбором резистора *R7* стрелку измерительного прибора устанавливают против отметки этого значения освещенности. Теперь при положении переключателя *В1 «Время экспозиции»* можно проводить относительные измерения времени экспозиции, а в положении *«Освещенность»* — измерять абсолютные значения освещенности и определять номер фотобумаги.

При определении номера фотобумаги переключатель *В1* должен быть в положении *«Освещенность»*. Фоторезистор помещают в наименее освещенный участок кадра, и диафрагмированием объектива фотоувеличителя по шкале номеров фотобумаги стрелку измерительного прибора устанавливают на нулевую отметку. При перемещении фоторезистора в наиболее освещенный участок кадра стрелка прибора укажет номер фотобумаги, требующейся для данного негатива. Если необходимости измерения освещенности нет, то стрелку прибора устанавливают на нулевую отметку переменным резистором *R9 «Установка»*.

При определении времени экспозиции переключатель *В1* должен быть в положении *«Время экспозиции»*. Пробными отпечатками на конкретном типе фотобумаги определяют оптимальное время экспозиции и переменным резистором *R9* устанавливают по шкале значение этого времени. Если теперь фоторезистор разместить в наиболее ответственном участке кадра негатива, фотоэкспозиметр будет показывать оптимальное время экспозиции (для данного типа фотобумаги).

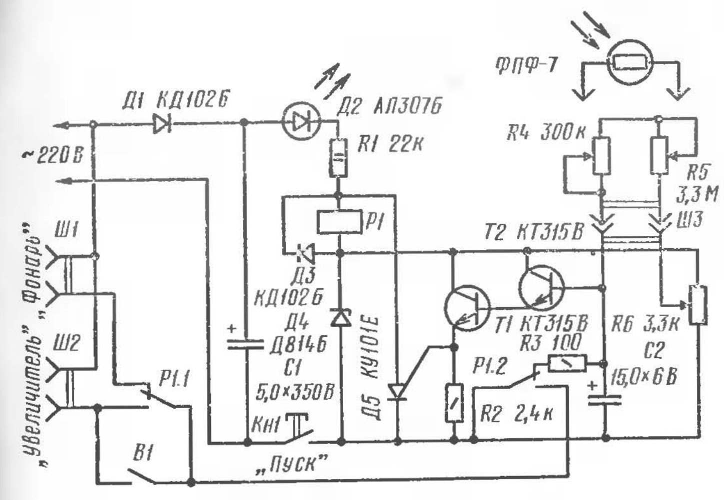


Рис. 4. Схема реле времени

В описанном фотоэкспозиметре можно использовать фоторезисторы ФПФ9-2, ФПФ-7, СФ2-5. В случае применения других фоторезисторов надо подобрать такое напряжение источника питания (*Б1*), чтобы ток через логарифмирующие диоды не превышал 1 мА. При больших значениях тока диоды в значительной степени теряют логарифмирующие свойства. В то же время минимальный ток не должен быть меньше 5 мкА, иначе эмиттерный повторитель *Т3* придется строить на составном или полевом транзисторе, чтобы не шунтировать логарифмирующую цепь.

В комплект электронного оснащения фотолаборатории можно включить еще реле времени, схема которого показана на рис. 4. Переменное напряжение сети выпрямляется однополупериодным выпрямителем на диоде *Д1* и фильтруется конденсатором *С1*. При нажатии на кнопку *Кн1 «Пуск»* в цепи, состоящей из светодиода *Д2*, являющегося индикатором включения питания, резистора *R1*, реле *Р1* и стабилитрона *Д4*, течет ток 10—15 мА, достаточный для срабатывания реле. Срабатывая, реле контактами *Р1.2* блокирует кнопку *Кн1*, а контактами *Р1.1* подключает к сети лампу фотоувеличителя. Через времязадающие резисторы *R4—R6* начнется

зарядка конденсатора *С2*. Когда напряжение на нем превысит пороговое значение, равное сумме падений напряжений на эмиттерных переходах составного транзистора *Т1Т2* и управляющем электроде тринистора *Д5*, тринистор откроется и зашунтирует собой обмотку реле *Р1*. Реле при этом отпустит, контактами *Р1.2* разрядит конденсатор *С2* через резистор *R3*, а контактами *Р1.1* отключит увеличитель от сети. При отпускании кнопки *Кн1* устройство принимает исходное состояние.

Переменный резистор *R6* служит для калибровки реле времени. Диод *Д3* защищает автомат от выбросов напряжения на обмотке реле *Р1* при отпускании.

Таким устройством можно устанавливать интервалы времени от долей секунды до сотен и более. Составной транзистор позволяет увеличивать сопротивление времязадающих резисторов *R4* и *R5* до 10—20 МОм.

Если вместо этих резисторов включить фоторезистор с γ-1, например, ФПФ-7, то реле времени превратится в автомат для фотопечати. В этом случае резистором *R6* выбирают рабочую точку составного транзистора для определения типа фотобумаги.

Фоторезистор удобно разместить на кадрирующей рамке под фотобумагой или за пределами ее под некоторым углом к плоскости фотобумаги для восприятия отраженного от нее света.

Для повышения точности вместо переменных времязадающих резисторов можно ввести ряд дискретных резисторов с переключателем. Обычно дискретный ввод времени экспозиции осуществляют с помощью двух переключателей — установки единиц секунд от 1 до 10 и установки десятков секунд от 10 до 100. Это не совсем удобно, а главное, не оправдано, так как в фотографии время экспозиции задается рядом, значения в котором отличаются от соседних рядов в два раза. При фотопечати удобно иметь ряд интервалов времени 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64 и 128 с, т. е. ряд, совпадающий со шкалой экспозиметра. Это объясняется тем, что в фотографии широта фотографического материала допускает ошибку по времени экспозиции до ±50%. Причем при фотопечати ошибка во времени экспонирования в одну ступень всегда может быть скомпенсирована временем проявления отпечатка. Преимущества же такого ряда очевидны,

так как требуется всего один переключатель на 10 положений, а поправку в случае необходимости всегда можно ввести переменным резистором *R6*, шкала которого проградуирована по равномерной шкале в значениях ±100%.

Электромагнитное реле, используемое в реле времени, РЭС-9 (паспорт РС4.454.204). Можно применить и любое другое реле с обмоткой сопротивлением 9—10 кОм и током срабатывания 8—10 мА.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЭКСПОНОМЕТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И ЭКСПОНОМЕТРОВ

В. Верютин

Промышленные экспонометрические устройства (ЭУ), например в фотоаппарате «Зенит TTL» и киноаппарате «Кварц 1×8S», экспонометры «Свердловск», «Ленинград-6» содержат один фоторезистор. К сожалению, такие ЭУ имеют значительные погрешности измерений из-за температурной погрешности фоторезистора, нелинейности логарифмической люкс-омической характеристики и старения фоторезистора. Уменьшить погрешность практически до нуля можно, применив измерительный мост с двумя фоторезисторами, имеющими одинаковые характеристики.

На рис. 1 приведена упрощенная схема такого ЭУ. Фоторезистор *R1* освещается от объекта съемки, а фоторезистор *R2* — от дополнительного источника света (светодиода *Д*). Резистор *R3* служит для установки начального тока через светодиод. В таких ЭУ вводить экспозиционные параметры (ЭП) с помощью резисторов *R4* и *R5* нельзя, так как при этом рабочие точки фоторезисторов сдвигаются друг относительно друга и полная компенсация погрешностей фоторезисторов становится невозможной. Номиналы резисторов *R4* и *R5* в данном случае обычно равны.

Вводят ЭП в мостовых ЭУ с двумя фоторезисторами путем изменения коэффициента пропускания светофильтра *СФ* или яркости дополнительного источника

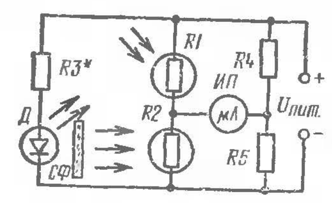


Рис. 1. Упрощенная схема ЭУ с двумя фоторезисторами

света. Первый способ имеет ограниченное применение по конструктивным соображениям, так как не всегда возможно или конструктивно сложно расположить светофильтр между дополнительным источником света и фоторезистором. Кроме того, технология изготовления светофильтров с переменной плотностью и высокой точностью недостаточно отработана, да и сложна. Второй способ более перспективен, так как позволяет вводить ЭП с помощью переменных резисторов или многопозиционных переключателей.

Рассмотрим более подробно способ ввода ЭП за счет изменения яркости светодиода, используемого в качестве дополнительного источника света. Световые характеристики светодиодов, как правило, нелинейны, а температурные характеристики изменяются с изменением тока, протекающего через световод. Указанные свойства светодиодов затрудняют ввод ЭП за счет непосредственного изменения тока.

Изменять среднюю яркость светодиода можно и за счет изменения частоты или длительности импульса тока, протекающего через светодиод. В этом случае максимальное значение тока не изменяется, а зависимость средней яркости светодиода от частоты или длительности импульса тока линейна в широких пределах.

Схема ЭУ, построенного на данном принципе, приведена на рис. 2. Генератор импульсов выполнен на трех транзисторах *T1—T3* микросборки *МС1*. Такой генератор позволяет изменять частоту следования импульсов в широких пределах изменением сопротивления переменного резистора *R1* от 2,7 до 500 кОм. Этим резистором и осуществляется ввод в ЭУ величины светочувствительности фотопленки.

Частота генерируемых импульсов может быть вычислена по формуле:

$$f = \frac{U_{\text{пит}}}{C_1 0{,}6 (R_1 + R_4)}.$$

Транзистор *T4* служит для усиления импульсов по мощности и запуска ждущего мультивибратора, собран-

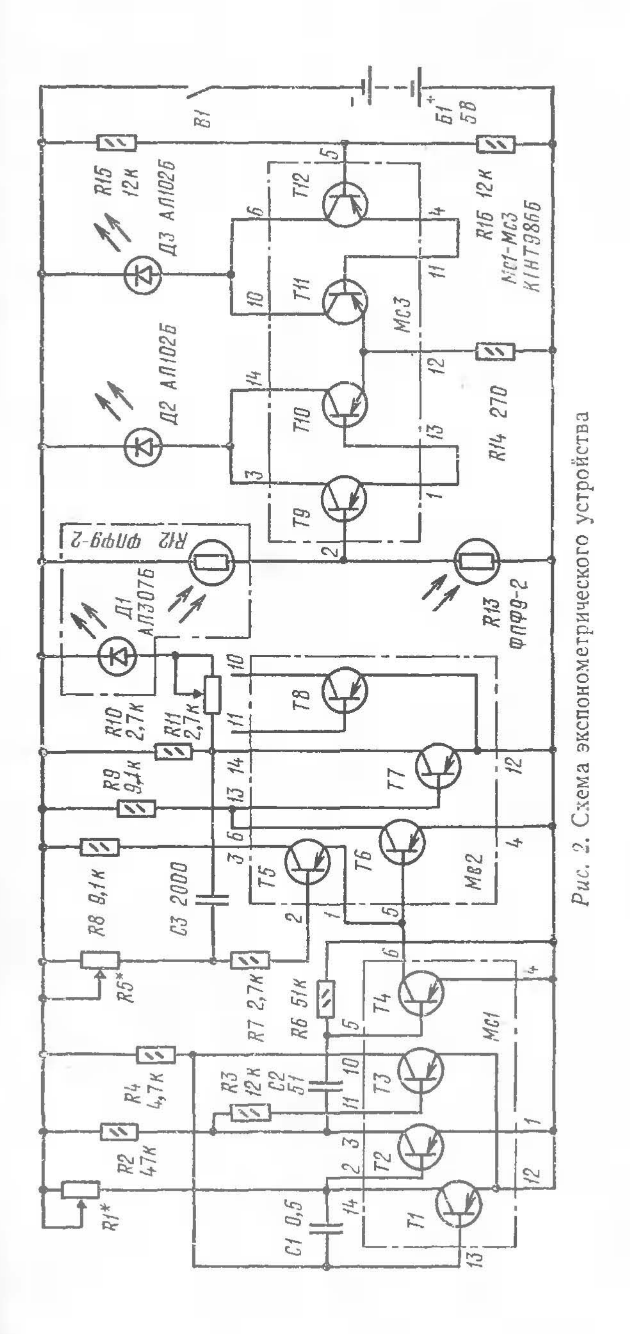


Рис. 2. Схема экспонометрического устройства

ного на транзисторах $T5$—$T7$ микросборки $MC2$. Изменением сопротивления резистора $R5$ в пределах 5—500 кОм достигается 100-кратное изменение длительности импульса. Резистор $R5$ служит для ввода в ЭУ значения выдержки. Длительность импульса τ может быть подсчитана по приближенной формуле:

$$\tau \approx 0{,}7\, R_5 C_3.$$

Для устойчивой работы ЭУ частота следования импульсов должна быть меньше или равна величине $1/\tau$.

Индикация правильности установки экспозиции обеспечивается двумя светодиодами $Д2$ и $Д3$, которые должны светиться одинаково, если экспозиция установлена правильно. Для усиления сигнала, снимаемого с диагонали моста, образованного фоторезисторами $R12$, $R13$ и резисторами $R15$, $R16$, применен усилитель постоянного тока, собранный на транзисторах $T9$—$T12$.

Обязательным условием практически полной компенсации погрешностей фоторезисторов в мостовом ЭУ является их идентичность. Одинаковые фоторезисторы можно подобрать обеспечением следующих соотношений:

$$\frac{R12\,(E_{\text{мин}})}{R12\,(E_{\text{ср}})} = \frac{R13\,(E_{\text{мин}})}{R13\,(E_{\text{ср}})}; \qquad \frac{R12\,(E_{\text{ср}})}{R12\,(E_{\text{макс}})} = \frac{R13\,(E_{\text{ср}})}{R13\,(E_{\text{макс}})},$$

где $E_{\text{мин}}$, $E_{\text{ср}}$ и $E_{\text{макс}}$ — сопротивление фоторезистора при минимальной, средней и максимальной освещенностях.

Наилучшая компенсация погрешностей фоторезистора получается, если изготовлять пары фоторезисторов из одного, разрезая на две части фоточувствительную площадку фоторезистора с помощью алмазного полотна толщиной 0,2—0,3 мм. Токосъем осуществляется путем прижима проволочных выводов к токоведущим поверхностям фоторезистора и покрытия этой поверхности лаком НЦ-222. Такое покрытие закрепляет выводы на поверхности фоторезистора и защищает фоточувствительную площадку от действия внешней среды.

Описанное ЭУ было встроено в фотоаппарат «Зенит TTL». Пара фоторезисторов ($R12$ и $R13$) получена путем разрезания фоторезистора ФПФ9-2. Фоторезистор $R13$ расположен между светодиодами $Д2$ и $Д3$ над коллективной линзой. Светочувствительная площадка фоторезистора вместе со светодиодами, находясь в поле зрения визира, несколько ухудшает видимость изображения объекта съемки, но высокая точность определения экспозиции компенсирует этот недостаток.

Фоторезистор $R12$ расположен на печатной плате рядом со светодиодом $Д1$. Для защиты от посторонней засветки он вместе со светодиодом закрыт светонепроницаемым экраном из черной бумаги.

Гальванометр снят с фотоаппарата, а на его место установлена батарея питания, составленная из четырех элементов РЦ53. Все устройство находится под верхней крышкой фотоаппарата между объективом и пентапризмой.

Переменный резистор $R1$ выполнен в виде переключателя на одиннадцать положений (в фотоаппарате «Зенит TTL» такой переключатель изготовлен из фольгированного стеклотекстолита). Так же выполнен и переменный резистор $R5$, но на шесть положений.

В табл. 1 указаны сопротивления резистора $R1$ в зависимости от светочувствительности фотопленки, а в табл. 2 — сопротивления резистора $R5$ в зависимости от длительности экспозиции.

Таблица 1

S (ед. ГОСТ)	500	350	250	180	130	90	65	45	32	22	16
$R1$, кОм	507	357	251	176	123	85,8	59,3	40,5	27,3	17,9	11,3

Таблица 2

t, с	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30
$R5$, кОм	512	256	128	64	32	16

Настроить ЭУ можно, пользуясь экспонометром «Свердловск» и «Ленинград-6». Для какого-либо равномерно освещенного экрана экспонометром определяют выдержки для конкретных значений светочувствительности фотопленки S и диафрагмы n. Далее наводят объектив фотоаппарата на тот же экран, устанавливают известные значения S, n и t и резистором $R11$ добиваются одинакового свечения светодиодов.

СОДЕРЖАНИЕ

24.2.2
В80

В помощь радиолюбителю: Сборник. Вып. 71 / Сост. В. Г. Борисов.— М.: ДОСААФ, 1980.— 80 с., ил.

30 к.

Приведены принципиальные схемы и описания конструкций радиотехнических устройств различной степени сложности.

Для широкого круга радиолюбителей и специалистов.

В $\frac{30402-112}{072(02)-80}$ 78—80 2402020000 24.2.2

В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

Выпуск 71

Составитель *В. Г. Борисов*

Заведующий редакцией *Г. В. Калишев*
Редактор *М. Е. Орехова*
Художественный редактор *Т. А. Хитрова*
Художник *В. А. Клочков*
Технический редактор *В. Н. Кошелева*
Корректор *В. Д. Синева*

ИБ № 913

Сдано в набор 04.06.80. Подписано в печать 23.10.80. Г-30627. Формат 84×108 1/32. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. п. л. 4,20. Уч.-изд. л. 4,06. Тираж 700 000 экз. Зак. № 1571. Цена 30 к. Изд. № 2/2107.

Ордена «Знак Почета» Издательство ДОСААФ СССР, 129110, Москва, И-110, Трифоновская ул., д. 34.

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкнига» Госкомиздата УССР, 252057, Киев-57, ул. Довженко, 3.